E 2040 XI

KAT

(13)

ELECTROTEHNICA

1613

Institut. de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
ОБМЕН - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

1953.

2906

1-2 1953

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

PENTRU UZ INTERN

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

APARE LUNAR SUB INGRIJIREA UNUI COMITET DE REDACȚIE

REDACȚIA: BUCUREȘTI ★ B-DUL 1848, Nr. 10 ★ TELEFON 3.07.30 — 3.57.28

Anul I * Nr. 1-2 Ian. — Febr. 1953

CUPRINSUL

Pag.

* * * Cuvânt înainte 1

S. Z. Barschi: Magnetizarea longitudinală și transversală și manifestarea ei în mașinile electrice . 2

O. Manole: Asupra unei clase de mașini de echilibrat dinamic 9

G. Măgură: Motoare electrice în fabricile de ciment 19

P. Columbeanu: Recalcularea motoarelor electrice de curent alternativ cu rotorul în scurt circuit . . . 25

T. Manciu: Inele amortizoare prin curenți Foucault la motoarele de curent continuu 28

A. Popa: Descărcători tubulari 33

C. Cruceru: Metode de încercare ale conductorilor electrici emailați 41

DIN EXPERIENȚA UNIUNII SOVIETICE

F. D. Lăzăroiu: Fabricarea colectorilor mașinilor de curent continuu 47

NOTE

A. Semlyen: Compensarea curentului de magnetizare la relee de curent de mare sensibilitate 55

A. Berman: Despre aluminarea prin evaporare în vid pe scară industrială 56

CRONICA

V. Ciofu: Expoziția „Economia planificată a R.P.R. în plin progres“ 57

DIN ACTIVITATEA A. S. I. T.

Muncă rodnică la Cercul A.S.I.T. — „Electrocablul“ 60

PROBLEME DE STUDIU PENTRU CERCURILE A. S. I. T.

D. C. Trăușanu: Tăierea anodo-mecanică a metalelor 62

BIBLIOGRAFIE — DOCUMENTARE

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

* * * : Предисловие 1

С. З. Барски: Продольно-поперечное намагничивание и его проявление в электрических машинах 2

О. Маноле: О некоторой категории машин для динамической балансировки 9

Г. Мэгурэ: Электродвигатели на цементных заводах 19

П. Колумбяну: Пересчёт электродвигателей переменного тока с короткозамкнутым ротором . . 25

Манчу: Кольца демпфирующие посредством вихревых токов, для электродвигателей постоянного тока 28

А. Попа: Трубчатые разрядники 33

К. Кручеру: Методы испытаний электрических эмалированных проводов 41

ИЗ ОПЫТА СОВЕТСКОГО СОЮЗА

Ф. Д. Лазарою: Производство коллекторов машин постоянного тока 47

ЗАМЕТКИ

А. Семльен: Компенсация намагничевающего тока токовых реле большой чувствительности . 55

А. Берман: О покрытии алюминием испарением в вакууме, в промышленном масштабе 56

ХРОНИКА

В. Чофу: Выставка „Плановое хозяйство Р.Н.Р. в полном прогрессе“ 57

ИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ А.С.И.Т.

Продуктивная работа в кружке А.С.И.Т. — „Электрокаблу“ 60

ЗАДАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ В КРУЖКАХ А. С. И. Т.

Д. К. Трэушану: Анодо-механическая резка металлов 62

БИБЛИОГРАФИЯ-ДОКУМЕНТАЦИЯ

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

Institutul de Documentare Tehnică BUCUREȘTI
ОБМЕН - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

CUVANT INAINTE

Dintr'o simplă ramură meșteșugărească, care-și ducea activitatea în ateliere mici, prost utilitate și care avea ca obiectiv mai mult reparația utilajului electrotehnic sau asamblarea prefabricatelor ce se importau din străinătate, regimul nostru de democrație populară, sub îndrumarea permanentă a partidului și cu ajutorul frățesc și dezinteresat al Uniunii Sovietice a desvoltat o puternică industrie electrotehnică.

Industria electrotehnică în continuă desvoltare, trebue să facă față astăzi unor probleme de proiectare, tehnologie și organizare a muncii din ce în ce mai complexe.

Sarcina de a înzestra cu utilaj electrotehnic toate ramurile industriei noastre socialiste în continuă desvoltare, precum și fabricarea utilajului electrotehnic de înaltă și joasă tensiune necesar realizării planului de electrificare, duc la o lărgire permanentă a gamei de produse realizate de industria noastră electrotehnică.

In mod paralel crește și gama problemelor tehnico-științifice ce trebue rezolvate de cadrele noastre, de oameni de știință, ingineri și tehnicieni, pentru continua îmbunătățire a proiectării, fabricării și exploatării acestor produse.

Ținând seama de faptul că și în domeniul energetic, problemele au crescut în volum și varietate, ca o urmare directă a traducerii în viață a mărețului plan de electrificare și utilizare rațională a apelor, MEEIE și Consiliul Central ASIT au hotărît scindarea revistei „Electricitatea" în două reviste „Electrotehnica" și „Energetica".

Revista „Electrotehnica" are ca sarcină principală publicarea de articole care să corespundă necesităților de mai sus.

In acest scop s'a întocmit un plan tematic, care cuprinde următoarele grupe de probleme: electricitatea generală și electrotehnica teoretică, mașini electrice, aparataj electric, materiale electrotehnice, telemecanica și automatizări, aplicațiile industriale ale electronicei, telecomunicații tehnica protecției muncii, învățământ electrotehnic.

Acest plan tematic a fost difuzat tuturor cercurilor ASIT, cărora le revine sarcina de a-l face cunoscut oamenilor de știință, inginerilor și tehnicienilor, de a-l discuta în cadrul ședințelor de lucru al cercurilor și de a antrena un număr cât mai mare de colaboratori pentru elaborarea articolelor. Conținutul articolelor va trebui să oglindească cuceririle științei și tehnicei sovietice, să arate felul cum această știință și tehnică a ajutat sau poate ajuta la rezolvarea problemelor ce se pun în fața noastră. Ele vor trebui să oglindească contribuția oamenilor de știință a inginerilor și tehnicienilor noștri la rezolvarea problemelor complexe ce le pune desvoltarea industriei electrotehnice, să scoată în relief realizările noastre, pentru a întări încrederea în forțele creatoare ale poporului nostru muncitor.

Articolele vor trebui să conțină în același timp o critică judicioasă a concepțiilor învechite în știință și în tehnologia producției și a exploatării, să promoveze curajos tot ce e nou și progresist.

O atitudine hotărâtă va trebui luată în coloanele revistei noastre împotriva cosmopolitismului și obiectivismului burghez în tratarea problemelor științifice. Ele se manifestă prin introducerea unor concepții antiștiințifice și antimaterialiste în tratarea problemelor, prin ruperea teoriei de practică, prin ploconirea în fața științei putrede și decadente a burgheziei occidentale și a imperialismului american, prin negarea și neluarea în seamă a realizărilor noastre și a imenselor cuceriri ale științei și tehnicei sovietice.

Urmând exemplul luminos al revistelor tehnice și științifice din Uniunea Svoietică, redacția noastră își propune să facă, cu sprijinul colaboratorilor săi din revista „Electrotehnica" un auxiliar prețios al muncii oamenilor de știință, inginerilor și tehnicienilor angajați în lupta pentru continua desvoltare a industriei noastre electrotehnice și a realizării planului cincinal în patru ani.

MAGNETIZAREA LONGITUDINALA ŞI TRANSVERSALĂ ŞI MANIFESTAREA EI IN MAŞINILE ELECTRICE[1)]

S. Z. BARSCHI
Candidat în ştiinţe tehnice

Se examinează fenomenele în cazul magnetizării longitudinale şi transversale a circuitelor feromagnetice. Se cercetează cazul în care fluxurile transversale şi longitudinale sunt create de forţe magnetomotoare continue şi cazul când unul din fluxuri este alternativ. Sunt descrise rezultatele cercetărilor experimentale. Se examinează manifestarea magnetizării longitudinale şi transversale în maşinile electrice.

Dacă pe o porţiune a unui circuit magnetic excitat se suprapune un flux magnetic care lucrează transversal, atunci starea magnetică a acestei porţiuni se determină de o oarecare intensitate echivalentă a câmpului magnetic şi de inducţia magnetică corespunzătoare acesteia, care urmează a fi privite ca rezultantele unor componente longitudinale şi transversale.

Acest fenomen pe care convenim să-l numim în cele ce urmează magnetizare longitudinală şi transversală este ilustrat schematic în figura 1, *a*. Circuitul magnetic longitudinal principal *Y* în schema din fig. 1 *a*, se excită de forţa

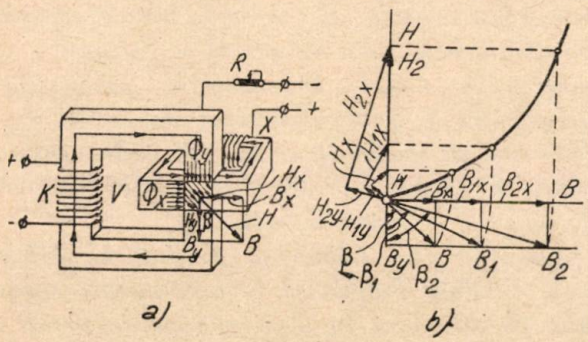


Fig. 1.

magnetomotoare constantă a bobinei *K*, conectată la o sursă de curent continuu. Circuitul magnetic transversal *X* este astfel executat încât închide transversal pe o anumită porţiune care este comună ambelor circuite magnetice, circuitul magnetic longitudinal.

Pe porţiunea magnetizată longitudinal şi transversal vectorul intensităţii câmpului magnetic rezultant se determină ca suma geometrică a intensităţilor în fiecare din axe, pentru care vom introduce în cele ce urmează indicii x şi y. Deci $H = H_x + jH_y$. Se vede că vectorul corespunzător al inducţiei magnetice $B = B_x + jB_y$ va lucra în aceeaşi direcţie. Vom numi în cele ce urmează, unghiul de magnetizare longitudinală şi transversală unghiul $\beta = \text{arc tg } \frac{H_x}{H_y}$ care caracterizează gradul de deviere a intensităţii câmpului rezultant, pe porţiunea considerată, faţă de axa longitudinală.

Pentru valori mici ale vectorilor H şi B circuitele magnetice sunt liniare, iar fenomenele care se petrec în circuitele electromagnetice pot fi considerate practic independente după metoda suprapunerii.

Fenomenele studiate sunt principial deosebite pentru intensităţi mari ale câmpului magnetic rezultant, în funcţiune de dependenţa, în acest caz, a permeabilităţii magnetice a oţelului, de valoarea inducţiei magnetice longitudinale şi transversale.

In acest regim, între ambele circuite magnetice au loc cuplaje mutuale care determină în măsura cunoscută starea magnetică a fiecăruia din circuite şi care sunt determinate la rândul lor de starea acestora. Circuitele longitudinale şi transversale nu mai sunt liniare şi metoda suprapunerii nu mai este potrivită pentru calculul acestora.

Fenomenul magnetizării longitudinale şi transversale este puţin interpretat în literatură (B 1,2).

Să ne punem problema determinării valorii intensităţii longitudinale şi transversale a câmpului magnetic, necesar pentru a asigura pe porţiunea magnetizată longitudinal şi transversal o valoare dată pentru inducţia B_{1x} şi B_y.

In fig. 1 *b* este dată o metodă grafică pentru un astfel de calcul. Inducţiilor B_{1x} şi B_y le corespunde o valoare rezultantă B_1 şi o intensitate corespunzătoare a câmpului magnetic H_1 determinată după caracteristica $B = f(H)$.

După cum este arătat în fig. 1 *b*, unghiul de magnetizare longitudinală şi transversală β_1 şi vectorul H_1 permit să se construiască triunghiul intensităţilor şi să se determine vectorii H_{1x} şi H_{1y}. Din construcţia considerată se vede că, chiar şi în cazul unor regimuri liniare oarecare în fiecare din cele două circuite magnetice excitate independent este posibil de a căpăta în cazul excitării lor în comun un regim de magnetizare longitudinală şi transversală neliniar.

Construcţiile următoare din fig. 1 *b*, făcute pentru diferite valori ale componentei transversale ale inducţiei B_x şi valori constante pentru componenta longitudinală B_y arată deasemenea modul de construcţie pentru determinarea lui H_x şi H_y.

Ca o urmare a neliniarităţii pentru un B_y constant, creşterea continuă a lui B_x duce la necesitatea măririi simultane a lui H_y. Pe baza construcţiei grafice din fig. 1 *b*, este uşor de demonstrat că eficienţa magnetizării transversale scade apreciabil cu creşterea, sub influenţa

[1)] Din revista Electricestvo, 12 (1952)

forței magnetomotoare a saturației circuitului magnetic longitudinal.

Pentru studierea problemei tratate, sunt posibile mai multe feluri de a pune problema. Astfel prezintă interes problema inversă celei considerată mai înainte: determinarea lui B_x pentru valori date ale lui B_y pe porțiunea magnetizată longitudinal și transversal. In fig. 2

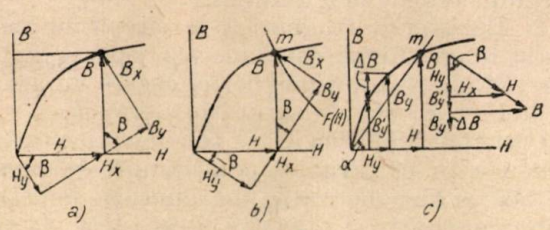


Fig. 2.

este arătată construcția grafică pentru acest caz; din triunghiul intensității câmpului găsim pe H_1 iar pe curba $B = f(H)$ valoarea corespunzătoare pentru vectorul B, pe baza căruia construim triunghiul inducțiilor, asemenea triunghiului lui H din care se determină și vectorii B_x și B_y.

Problema se complică în caz că sunt dați B_y și H_x (sau B_x și H_y), și caracteristica de magnetizare a materialului și se cere a se determina B_x și H_y (sau respectiv B_y și H_x) pentru porțiunea considerată. Din condițiile de asmănare ale triunghiurilor B și H determinăm pentru cazul al doilea funcția ajutătoare de forma (fig. 2 *b*):

$$H = \frac{H_x \cdot B}{\sqrt{B^2 - B_y^2}}$$

pe care o reprezentăm grafic pe axele B și H. Punctul m de intersecție al acestei curbe cu caracteristica de magnetizare a materialului $B = f(H)$, determină valorile căutate pentru B și H și deasemenea pe B_x și H_y.

In sfârșit, prezintă interes problema, când este dată inducția B_y a circuitului magnetic longitudinal în lipsa magnetizării transversale și se cere a se determina valorile H_x și B_x prin suprapunerea cărora inducția circuitului longitudinal se micșorează cu mărimea $\triangle B$, adică ia valoarea $B_y' = B_y - \triangle B$, căreia îi corespunde, pe curba $B = f(H)$ intensitatea H_y. Ținând seama că raportul $\frac{B_y'}{H_y} = \frac{B}{H} = a$ este cunoscut, ducem din origina coordonatelor B, H (fig. 2 *c*). o rază sub unghiul $\beta = \text{arc tg } \frac{B_y'}{H}$ $\frac{m_B}{m_H}$, a cărei intersecție cu curba $B = f(H)$ determină punctul m al regimului căutat.

Construcțiile următoare sunt analoage celor expuse mai înainte. Fenomenul magnetizării longitudinale și transversale reprezintă o formă particulară a cuplajului mutual energetic între două circuite electrice și magnetice. Energia magnetică înmagazinată într'un volum oarecare V se exprimă în general astfel:

$$W = \int_V \int_0^B H dV dB.$$

Ținând seama că în urma magnetizării longitudinale și transversale $H_x = F_x(B_x, B_y)$ și $H_y = F_y(B_x, B_y)$ căpătăm expresia pentru energia magnetică respectivă dealungul fiecărei dintre axele considerate.

$$W_y = \int_{V_y} \int_0^{B_y} F_y(B_y, B_x)\, dV dB_y$$

și

$$W_x = \int_{V_x} \int_0^{B_x} F_x(B_x, B_y)\, dV\, dB_x$$

Mărirea artificială a inducției longitudinale B_x și prin urmare a energiei acestui circuit W_x, atrage după sine neapărat schimbarea lui B_y și cum prin aceasta $dB_y < 0$, atunci după cum rezultă din expresiile de mai sus $dW_y > 0$, adică se eliberează o parte din energia magnetică înmagazinată în acest circuit. In cazul micșorării inducției transversale B_x se va observa fenomenul invers.

In toate raționamentele de mai sus s'a privit izolat porțiunea magnetizată longitudinal și transversal, independent de restul circuitului magnetic. Deoarece fenomenul arătat provoacă schimbarea rezistenței magnetice totală a fiecărui dintre circuite, acesta trebue privit din punct de vedere cantitativ, cu considerarea fenomenelor care se produc în porțiunile de circuit magnetic, care nu suferă o magnetizare longitudinală și transversală. La considerarea acestor fenomene trebue pornit dela integralele liniare ale intensității câmpului pentru fiecare circuit

$$\oint H\, dl_x = \sum_{i=1}^{i=n-1} H_{xi}\, l_i + H_x(B_x, B_y)\, l_x$$

$$\oint H\, dl_y = \sum_{i=1}^{i=m-1} H_{yi}\, l_i + H_y(B_y, B_x)\, l_y$$

După cum se vede din aceste relații, eficiența magnetizării longitudinale și transversale este condiționată într'o mare măsură de parametrii și stările magnetice ale celorlalte părți ale circuitului magnetic.

Considerațiunile expuse mai sus sunt în întregimea lor juste și aplicabile pentru cercetarea magnetizării miezului, dealungul a două axe înclinate cu un unghiu oarecare; magnetizarea longitudinală și transversală fiind numai un caz particular al fenomenului considerat anume cu unghiul de înclinare al axelor egal cu $\frac{\pi}{2}$.

Pentru descrierea complectă a fenomenului considerat, indicăm posibilitatea principială a magnetizării simultane a miezului dealungul a trei axe de coordonate. In acest caz pentru intensitatea câmpului și inducție sunt valabile următoarele relații :

$$\bar{H} = H_x i + H_y j + H_z k,$$

$$\bar{B} = B_x(B_y, B_z)\, i + B_y(B_x, B_z)\, j + B_z(B_x, B_y)\, k$$

Tratarea fenomenelor fizice și a legăturilor cantitative fundamentale în problema considerată mai înainte în plan, se aplică și pentru problema considerată în spațiu. In toate componentele și expresiile matematice expuse mai înainte, s'a admis că proprietățile magnetice ale porțiunii magnetizate combinat, sunt aceleași dealungul tuturor axelor.

Verificarea experimentală a fenomenului de magnetizare longitudinală și transversală s'a făcut cu ajutorul schemei din fig. 3. Pe miezul

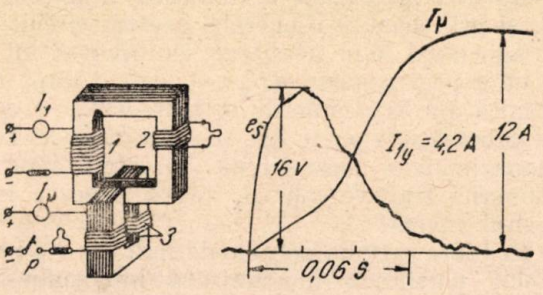


Fig. 3.

axei longitudinale au fost așezate două bobine : bobina de magnetizare 1 alimentată dela rețea cu curent continuu și bobina auxiliară 2 conectată la bucla oscilografului. Circuitul negativ transversal a fost executat în același gabarit ca și cel longitudinal, însă cu jugul scos. Funcțiunea jugului este îndeplinită de porțiunea din circuitul longitudinal care este supusă la magnetizare longitudinală și transversală. Fazele experimentării s'au desfășurat în următoarea succesiune : în prealabil înfășurarea 1 a circuitului longitudinal, a fost conectată la sursa de curent continuu. După ce s'a stabilit regimul în această înfășurare, s'a închis întrerupătorul P și s'a aplicat tensiune la bornele înfășurării de magnetizare a circuitului magnetic transversal. Pe oscilograma dată este arătată alura creșterii curentului I_μ și a f.e.m.e_s în circuitul înfășurării auxiliare ; prezența acestei f.e.m. este o urmare a micșorării fluxului magnetic în axa longitudinală, sub influența magnetizării transversale, iar alura și amplitudinea acestei curbe arată eficiența acestui fenomen. Dacă înfășurarea de lucru a conductorului magnetic longitudinal (fig. 1) se conectează la o sursă de curent alternativ, atunci putem, în oarecare limite, regla inductanța acesteia prin variația curentului de magnetizare al bobinelor miezului transversal. Un astfel de dispozitiv reprezintă o bobină de șoc cu inductanță reglabilă, prin analogie cu bobinele de șoc de saturație, cunoscute în tehnică, bobină care prezintă totuși particularități caracteristice :

1. Limitele de reglaj ale inductanței unei asemenea bobine de șoc sunt condiționate de raportul dintre lungimea mijlocie a porțiunii magnetizate longitudinal și transversal și a întregului circuit longitudinal.

2. Rezistența magnetică a circuitului magnetic longitudinal este aceeași pentru ambele direcții ale fluxului magnetic, ceeace nu are loc în bobina de șoc de saturație normală.

Caracterul particular al fenomenului care se produce în construcția considerată de bobina de șoc submagnetizată, îngreunează mult calculul cantitativ și calitativ al acesteia. Să considerăm bobina de șoc arătată în fig. 4 la care întreg conductorul magnetic suferă magnetizare transversală. Bobina de șoc este executată din tablă silicioasă a cărei caracteristică magnetică ne este dată după axele B, H. Fie ca prin datele problemei să se ceară să se determine alura curbei curentului alternativ care se stabilește, prin prezența la bornele bobinei a unei tensiuni alternative sinusoidale și în circuitul magnetic longitudinal a unei inducții transversale constante B_x.

Neglijând rezistența activă și dispersiunea, să ducem în jumătatea stângă a fig. 4, curba $jB_y(t)$ a circuitului magnetic longitudinal. In lipsa magnetizării transversale curba curentului alternativ se determină prin metoda cunoscută și are aspectul reprezentat cu linie punctată.

Prin suprapunerea pe circuitul magnetic a inducției magnetice transversale constante B_x, starea magnetică a circuitului este determinată în fiecare moment de inducția rezultată.

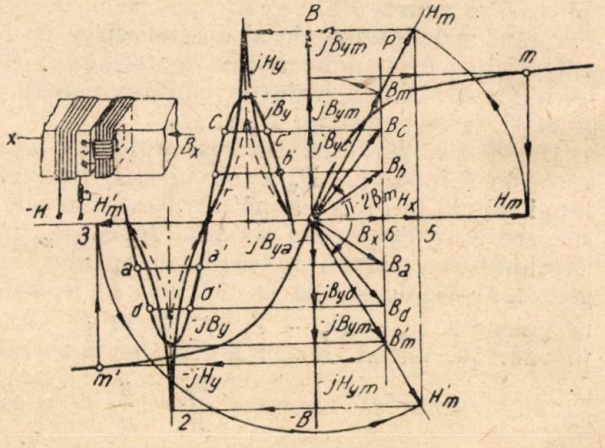


Fig. 4.

$B = B_x \pm jB_y(t)$ (a,a',b,b',c,c',d și d', fig. 4)

Se vede că dreapta pq este locul geometric al vârfurilor vectorilor inducției rezultante, a căror valori variază periodic dela B_x pentru $\omega t = k\pi$ până la $\bar{B}_m = B_x \pm jB_{ym}$ corespunzător perioadei de timp $\omega t = \left(\frac{\pi}{2} + k\pi\right)$ unde $k = 0$ sau orice număr întreg.

Zona de variație a vectorului inducției magnetice rezultante se limitează de unghiul $\pi - 2\beta_m$ unde $\pm \beta_m$ arc tg $\frac{B_x}{\pm B_{ym}}$ este unghiul minim de magnetizare longitudinală și transversală. Pentru determinarea valorii instantanee a curentului alternativ corespunzător unui moment oarecare t, găsim valoarea corespunzătoare acestuia jB_{yt} și vectorul inducției rezultante B_t. Așezând apoi acest vector pe axa B găsim pe curba $B = f(H)$ vectorul H_t corespunzător acestuia și coliniar cu acesta. Ținând seama de asemănarea triunghiurilor B_t și H_t găsim valoarea căutată H_{yt}. In figura 4 se arată schematic succesiunea operațiilor de calcul pentru determinarea amplitudinilor pozitive și negative ale intensității câmpului magnetic în circuitul magnetic longitudinal. Curba $jH_y(t)$ din fig. 4 se capătă pe baza metodei de calcul propuse și se deosebește calitativ de curbele analoage dela bobinele de șoc saturate, de construcție normală. Aceste particularități caracteristice sunt : alura identică a ambelor alternanțe H și așezarea simetrică a fiecărei dintre acestea față de axa ordonatelor, ca urmare a lipsei armonicelor pare și a prezenței în mare măsură a armonicelor impare în special a celei de a III-a.

Verificarea experimentală a fenomenului de magnetizare longitudinală și transversală în cazul alimentării bobinei axei longitudinale dela o sursă de tensiune alternativă sinusoidală se face pe baza modelului descris mai înainte conform schemei din fig. 5. Bobina axei longitudinale a fost conectată la rețeaua de curent alternativ și bobina axei transversale s'a alimentat cu curent continuu reglabil. In fig. 5 este dată o curbă între limitele de variație ale curentului I dela O la 26 A. Analiza acestei curbe pune în evidență înalta eficiență a magnetizării transversale între limitele de variație ale lui I_μ dela O la 10 A și eficiență redusă pentru valori ale curentului I_μ mai mari de 10 A, care corespund regimului de saturație a porțiunii magnetizată longitudinal și transversal.

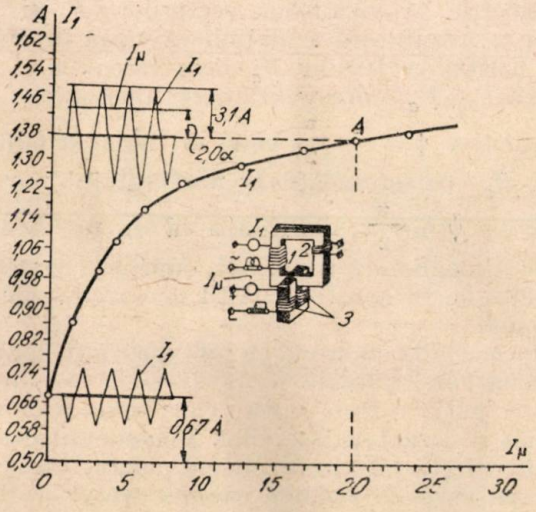


Fig. 5.

Pe aceeași figură 5, sunt date două oscilograme ale curentului alternativ în cazul lipsei ($I_\mu = 0$; $I_1 = 0{,}67$ A) și a prezenței magnetizării transversale ($I_\mu = 20$; $I_1 = 1{,}38$ A). Alura oscilogramelor confirmă justețea tezelor principiale expuse mai sus în urma aprecierii calitative a fenomenelor descrise.

Un interes deosebit prezintă fenomenul de magnetizare longitudinală și transversală în cazul aplicării pe circuitul magnetic a două fluxuri magnetice alternative dirijate între ele perpendicular. Printr'o alegere judicioasă a parametrilor bobinelor, a structurii circuitelor și a gradului de saturație a materialului, se poate obține între circuitele electrice un cuplaj energetic feromagnetic foarte puternic.

Dispozitive asemănătoare se întrebuințează uneori ca circuite ferorezonante și conture oscilante parametrice.

Pe același principiu se bazează funcționarea dublorilor și multiplicatorilor de frecvență statici ; construcția originală de convertizor de frecvență propusă de G. N. Petrov și M. F. Mihailov-Miculinsc, funcționează pe baza acestui principiu.

In mașinile electrice magnetizările combinate apar sub formele cele mai diferite.

Efectul acestui fenomen este deosebit, în funcțiune de condiții și parametrii și duce de obicei la deplasarea axei fluxului magnetic, la mărirea rezistenței magnetice a unor porțiuni separate ale circuitului magnetic, la formarea cuplajului feromagnetic între înfășurări deplasate cu un unghiu $\frac{\pi}{2}$ și deasemenea la mărirea pierderilor în fier.

Mașina sincronă cu poli înnecați poate servi ca exemplu tipic. In cazul lipsei curentului în indus, starea magnetică a mașinii este determinată de forța magnetomotoare a înfășurării de excitație, care prin aceasta determină și poziția spațială a fluxului magnetic. La apariția curentului în indus, în mașină există deacum în mod obiectiv două forțe magnetomotoare : aceea a excitației mai sus amintite F_0 și a indusului F_a, ale căror armonici fundamentale sunt în cazul general decalate în spațiu, însă fixe una față de cealaltă. Ca urmare a acestei situații, indusul mașinii sincrone suferă o magnetizare dealungul unor axe deosebite. In cazul generatoarelor, unghiul dintre axele de magnetizare este determinat de caracterul sarcinii, iar în cazul motoarelor, de gradul de excitație și poate să varieze dela $-\frac{\pi}{2}$ la $+\frac{\pi}{2}$.

In cazul circuitelor magnetice nesaturate, fenomenul după fiecare axă poate fi apreciat prin metoda suprapunerii, după care se adună geometric valorile corespunzătoare ale forțelor magnetomotoare, fluxurilor și f.e.m. In aceste condiții este convenabil a se folosi noțiunea de rezistență reactivă sincronă, de schemă echivalentă și diagrame de vectori liniare.

In condiții de saturație, starea reală magnetică a mașinii este determinată de forța magnetomotoare rezultantă F_δ, care trebue privită ca diferența geometrică dintre vectorii F_0 și F_a; după cum se arată în fig. 6 tot acest vector fixează și dispoziția spațială a primei armonici a f.m.m. rezultante și a fluxului. In fapt, regimul mașinii este determinat de punctul m pe caracteristica ei magnetică, căruia îi corespunde f.e.m. a indusului E_δ.

Pentru starea dată a mașinii, caracteristica ei magnetică poate fi exprimată de dreapta *Omz*, ceeace permite să se întrebuințeze, în aceste condiții, metoda suprapunerii pentru calculul celorlalți parametri. Intorcându-ne din nou la axele inițiale ale f.m.m. F_a și F_0, este ușor să se determine fluxurile corespunzătoare acestor Φ_a și Φ_0, pornind dela condiția

$$\frac{\Phi_a}{F_a} = \frac{\Phi_0}{F_0} = \frac{\Phi_\delta}{F_\delta} = \lambda_m$$

unde λ_m este conductibilitatea magnetică a circuitului, corespunzător regimului considerat în punctul m.

Trasând apoi din origina și vârful vectorului E_δ drepte punctate perpendiculare pe vectorii F_a și F_δ, până la intersecția lor în punctul q, căpătăm triunghiul fluxurilor *mqb*, ale cărui laturi *mq* și *bq* sunt proporționale cu componentele menționate ale fluxului care există în circuitul magnetic. La altă scară triunghiul *mqb* dă valoarea f.e.m. indusă de componentele fluxului rezultant în indus. Din asemănarea triunghiurilor f.e.m. și ale f.m.m. rezultă:

$$\frac{E_a}{I_a} = \frac{E'_0}{I'_0} = \frac{E_\delta}{I_\delta} = X_{pm},$$

unde I'_0 și I_δ sunt valorile echivalente ale curenților reduse la indus, corespunzătoare lui F_0 și F_δ; X_{pm} este reactanța inductivă a reacției indusului, echivalentă pentru regimul dat.

Trebue să avem în vedere că f.e.m. E'_0 există și corespunde convențional cu F_0 numai pentru starea dată a circuitului magnetic. In fapt f.m.m. F_0 îi corespunde o f.e.m. E_0 apreciabil mai mică, determinată de punctul 2 pe caracteristica magnetică a mașinei, (fig. 6, *a*).

Să examinăm comportarea mașinii sincrone pentru valori constante ale f.m.m. a indusului F_δ și ale rezultantei F_δ, în cazul rotirii continue a axei acestor f.m.m. și prin urmare și a fluxurilor condiționate de acestea unul față de celălalt ($\psi = 90^0$). Un astfel de regim de lucru al mașinii sincrone poate fi obținut în cazul schimbării continue a curentului de excitație și a factorului de putere al sarcinii, a cărui valoare trebue să rămână în timpul reglajului constantă. Cum se arată în fig. 6 a, cercul A este locul geometric al vârfurilor vectorilor f.m.m. a indusului și a excitației mașinei. Datorită condițiilor formulate la început asupra reglajului F_δ = constant, magnetizarea mașinii dealungul diferitelor axe nu provoacă schimbarea stării magnetice.

In aceste condiții, componentele f.e.m. formează un triunghiu, al cărui vârf E_a, E'_0 alunecă pe cercul de rază E_a funcțiune de unghiul ψ, iar triunghiurile f.e.m. sunt în aceste condiții asemenea.

Să privim comportarea mașinii în regimul de variație al sarcinii arătate mai sus (I_a = constant, $\psi = 90^0$) pentru valori neschimbate ale f.m.m. de excitație F_0. In aceste condiții, în mașină există în mod obiectiv două f.m.m.

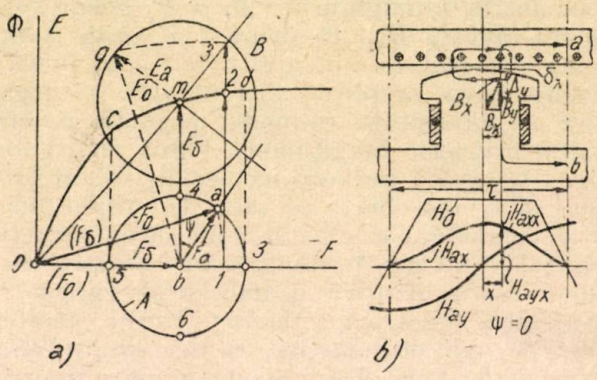


Fig. 6.

constante F_0 și F_a, ale căror axe se rotesc continuu una față de cealaltă, în urma cărui fenomen apare variația f.m.m. rezultante și a stării magnetice a mașinii. Dacă în diagrama curentului (fig. 6*a*) se iau pentru vectori notările cuprinse între paranteze și se inversează sensul lor de rotație, atunci cercul A este locul geometric al vârfurilor vectorilor F_0 și F_a. F.m.m. rezultantă a mașinii va varia funcțiune de poziția vectorului F_a, dela valoarea ei maximă F_0+F_a, corespunzătoare unei sarcini pur capacitive $\psi = -\frac{\pi}{2}$ până la valoarea minimă F_0-F_a, corespunzătoare unei sarcini pur inductive $\psi = \frac{\pi}{2}$; porțiunea *cd* de pe caracteristica magnetică a mașinii, cuprinde toate posibilitățile în aceste condiții de sarcină ale regimului.

In mașinile sincrone cu poli aparenți, magnetizarea longitudinală și transversală are un caracter puțin diferit și este condiționată de mărimea și caracterul sarcinii. Fenomenul descris se manifestă intens în piesele polare, transversal pe care se închide câmpul transversal de reacție a indusului și câmpul de dispersiune, ale căror unde fundamentale rămân fixe față de sistemul polar. In figura 6*b* este arătat un pol și partea corespunzătoare din sistemul magnetic al mașinii sincrone, iar mai jos sunt arătate curbele de repartiție ale f.m.m. existente în mașină pentru condiția $\psi = 0$.

In aceste condiții, unda fundamentală f.m.m. de reacția indusului H_a se manifestă sub două aspecte: sub aspectul curbei H_{ay} deplasată față de axa polilor cu unghiul $\frac{\pi}{2}$, însă creind

potențiale magnetice longitudinale suplimentare dealungul pieselor polare și sub forma curbei jH_{ax} a cărei axă se suprapune peste axa polilor, însă creează un potențial magnetic îndreptat normal pe axa pieselor polare.

Pentru calculul potențialului magnetic, dealungul unui tub de forță oarecare, pentru un contur, așezat la distanța x de axa polilor, (fig. 6, *b*) este deacum necesar a ține seama dealungul acestui drum de starea magnetică a diferitelor porțiuni ale piesei polare. In fig. 6, *b* este arătată o metodă grafică de determinare a lui B_y și H_y pentru câteva puncte ale piesei polare așezate dealungul conturului considerat. Se vede că potențialul magnetic total pentru porțiunea considerată se determină din relația

$$H_{\Delta y} = \int_0^{\Delta y} H_y(B_x, B_y) \approx \sum_{i=n}^{i=1} H_y(B_x, B_y)\Delta y_i \approx H_{ymed}.$$

unde H_{ymed} este valoarea medie a potențialului magnetic pe porțiunea Δ_y determinată, de exemplu după formula lui Simpson. Impărțind apoi pe lățime polul în porțiuni echidistante și făcând pentru acestea calcule analoage, nu este greu de a preciza aspectul câmpului magnetic al mașinii.

In mașinile de curent continuu forma caracteristică a apariției magnetizării longitudinale și transversale este reacția transversală a indusului a cărei ilustrare tipică pentru un pas polar este arătată în fig. 7, pentru cazul periilor fixate pe axa neutră. Mai jos sunt date curbele de repartizare dealungul lungimii întrefierului a f.m.m. a polilor și deasemenea componentele reacției transversale ale indusului care acționează longitudinal F_y și transversal jF_x, care deasemenea sunt funcții liniare de lungimea întrefierului.

La calcularea potențialului magnetic al conturului dealungul unui tub de forță oarecare, așezat la o distanță x de axa polilor (fig. 7, *a*)

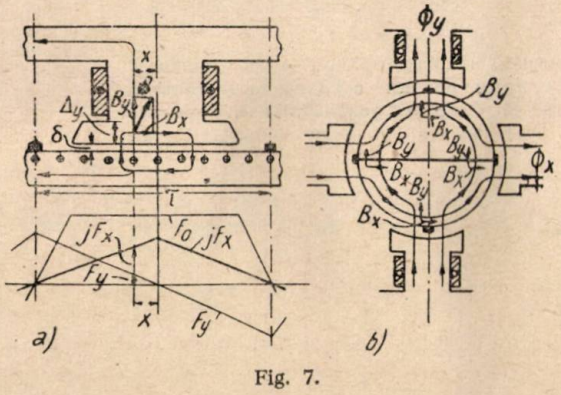


Fig. 7.

este necesar a ține seama de starea magnetică a diferitelor porțiuni ale piesei polare dealungul acestui drum.

In fig. 7 *a*, este arătată metoda grafică de determinare a lui B_y și H_y pentru câteva puncte ale piesei polare așezate dealungul conturului considerat. Tensiunea magnetică pe porțiunea considerată se determină din relația.

$$F_x = F_0 \pm xi + j\left(\frac{\tau}{2} - x\right)i,$$

unde τ este lungimea pasului polar iar i sarcina liniară a indusului. Expresiunea dată este generală pentru calculul după o lege anumită a repartiției f.m.m. dealungul lungimii întrefierului. In particular, pentru $x = 0$ și $x = \frac{\tau}{2}$ găsim valorile corespunzătoare

$$F_{x=0} = F_0 + j\frac{\tau}{2}i \text{ și } F_{x=\tau} = F_0 \pm \frac{\tau}{2}i$$

Magnetizarea longitudinală și transversală se manifestă deosebit de puternic în regimul de scurtcircuit, în cazul unor impulsuri scurte ale sarcinii sau a pornirilor directe ale mașinilor de curent continuu când indusul este purtătorul puternicii f.m.m. capabilă de a satura piesa polară și a mări sensibil rezistența magnetică a acesteia.

In mașinile de curent continuu cu câmp transversal, întrebuințate de obicei ca generatoare de sudură, ca și pentru alimentarea iluminării trenurilor, se creează în mod artificial condiții deosebit de favorabile pentru reacția transversală a indusului, urmare cărora efectul magnetizării longitudinale și transversale se manifestă mai puternic.

In sfârșit, un interes deosebit prezintă fenomenele în mașinile electrice amplificatoare cu câmp transversal. O ilustrare tipică a repartiției fluxului magnetic în aceste mașini este arătată în fig. 7 *b*, din care se vede, că pe porțiuni separate ale indusului, trec fluxuri transversale și longitudinale dirijate normal unul față de celălalt, formate de înfășurarea indusului și a polilor.

In aceste mașini, fenomenele considerate se manifestă mai puternic în regimurile tranzitorii (pornire sau reglajul agregatelor) în care deobicei ambele înfășurări se supraîncarcă de câteva ori.

O altă formă de manifestare a magnetizării longitudinale și transversale la mașinile electrice este formarea fluxurilor transversale de dispersiune, care se închid transversal pe dinți

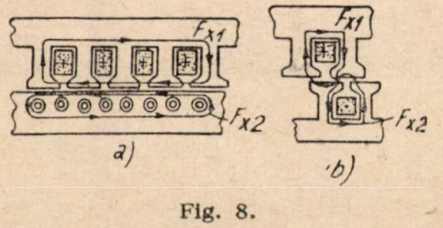


Fig. 8.

și cer prin aceasta o saturare suplimentară a acestora. In fig. 8 *a*, este arătată o ilustrare tipică pentru drumul fluxului de dispersiune în dinții statorului și rotorului mașinii asincrone. In mașini cu crestături închise și semiînchise fluxurile transversale capătă valori mari,

ceeace poate mări apreciabil rezistența magnetică a dinților, în special în regiunea coronară. In categoria de fenomene considerate, trebue să introducem și fluxurile de dispersiune a dinților, al căror mecanism de apariție este arătat în fig. 8*b*. In mașinile asincrone, fenomenul considerat duce la mărirea curentului magnetizant și deasemenea la variația cu sarcina a parametrilor mașinii $x_{1\sigma}$ și $X_{2\sigma}$ care condiționează, după cum se știe, caracteristicile sale de acționare și electrice.

Să arătăm, folosind exemplul mașinii de curent continuu, metodica de apreciere cantitativă a efectului magnetizării transversale, de către fluxul de dispersiune a zonei dentare a indusului. In fig. 9*a* este ilustrată repartiția inducției magnetice transversale dealungul înălțimii dintelui, care este determinată pentru fiecare secțiune de curent total al conturului și de rezistența magnetică totală, condiționate în primul rând de spațiile de aer. In fig. 9, *b* inducția magnetică transversală crește liniar pe înălțimea crestăturii și se exprimă prin caracteristica *Om*. Componenta longitudinală a inducției în fiecare secțiune a dintelui variază invers proporțional cu lățimea acestuia și se determină în ipoteza că tot fluxul util al mașinii se închide prin dinții indusului. In fig. 9*b* este arătată variația inducției longitudinale B_y pe înălțimea dintelui. După cum se arată în fig. 9*b* în fiecare secțiune a dintelui, starea magnetică se determină de vectorul rezultant $\overline{B}_h = \overline{B}_{hx} + j\overline{B}_{hy}$ pentru punctele *a*, *b* și *c* corespunzătoare inducției maxime B_a, medii B_b și minime B_c. După caracteristica $B = f(H)$ dată în fig. 9*b*, determinând intensitățile câmpului H_a, H_b, H_c corespunzătoare acestor puncte. Construim pe baza lui H_c și H_a triunghiul tensiunilor câmpului asemenea triunghiurilor corespunzătoare ale inducțiilor, găsim valorile H_{cy} și H_{ay}; în acest caz calculăm intensitatea medie a câmpului în dinți întrebuințând formula lui Simpson $H_z = \frac{1}{6}(H_{ay} + 4H_b + H_{cy})$.

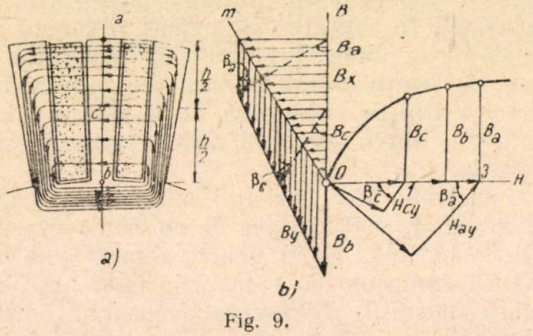


Fig. 9.

După cum se vede din cele expuse, fenomenul de magnetizare longitudinală și transversală duce la mărirea intensității câmpului dealungul dinților.

Bibliografie

N. S. Aculov, Feromagnetism, Gostehizdat, 1939.

I. A. Zaițev, Lucrările Institutului Politehnic din Leningrad, Nr. 2, 1947 și Nr. 3, 1948.

C. M. Polivanov, Bazele fizice ale electrotehnicii, Gosenergoizdat, 1950.

L. R. Neiman și *P. L. Calantarov*, Bazele teoretice ale electrotehnicii, Gosenergoizdat, partea I, 1948.

G. N. Petrov și alții, Mașini electrice, Gosenergoizdat, partea I 1940.

M. P. Costenco, Mașini electrice, Gosenergoizdat, partea II, 1949.

N. S. Mihailov-Miculinschi, Cercetarea reacției indusului și a altor factori electromagnetici, care schimbă în sarcină fluxul magnetic al mașinilor de curent continuu, Ed. MEI, 1949.

★

ПРОДОЛЬНО-ПОПЕРЕЧЬНОЕ НАМАГНИЧИВАНИЕ И ЕГО ПРОЯВЛЕНИЕ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИНАХ

Р е з ю м е

Рассматриваются явления при продольно-поперечном намагничивании ферромагнитных цепей. Исследуются случаи, когда поперечный и продольные потоки созданы постоянными н. с., а также случай, когда один из потоков переменный. Описаны результаты экспериментального исследования. Рассматривается проявление продольно-поперечного намагничивания в электрических машинах.

ASUPRA UNEI CLASE DE MAŞINI DE ECHILIBRAT DINAMIC

Ing. O. MANOLE

Articolul de faţă este rezultatul cercetărilor în jurul problemei echilibrării dinamice a rotoarelor şi exprimă un aspect al luptei pentru calitate, dusă de o întreprindere. Necesitatea echilibrării dinamice cu o maşină, care după cum se va arăta, era improprie rotoarelor fabricate de această întreprindere, a dus la găsirea şi aplicarea unei soluţii, care rezolvă complet echilibrarea dinamică cu o anumită clasă de maşini de echilibrat dinamic. Fiind convinşi de actualitatea şi importanţa problemei, dat fiind că sunt şi alte fabrici cari deţin asemenea maşini, credem oportun să împărtăşim această experienţă celorlalte fabrici din ţară, care, cu siguranţă, se lovesc de aceleaşi greutăţi.

A. ELEMENTE DIN TEORIA ECHILIBRARII

a) Planul desechilibrant. Fie un plan circular material cu centrul geometric în O. Ne imaginăm o infinitate de axe (diametre) trecând prin O. Zicem că planul este perfect omogen (masele uniform repartizate) când centrul de masă al fiecărei axe coincide cu centrul geometric al cercului. In cazul că masele nu sunt uniform distribuite dealungul axelor $Z_1 Z_2 \ldots Z_n$ centrul de masă al unei părţi din aceste axe nu coincide cu centrul geometric, ci se situează în O_1,

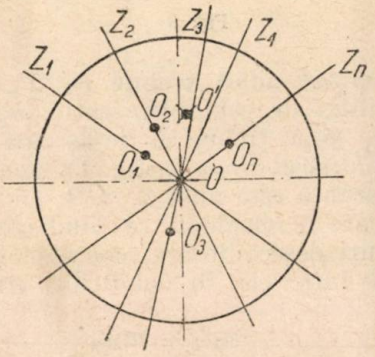


Fig. 1

$O_2 \ldots\ldots O_n$. Fie O' centrul general al maselor O_1, $O_2 \ldots O_n$ situat ca în fig 1. Un astfel de plan circular, în care centrul maselor nu coincide cu centrul său geometric, îl vom numi plan desechilibrant.

b) *Rotorul disc*, este un plan material care se roteşte în jurul unei axe perpendiculare pe planul său. Practic rotorul în formă de disc se caracterizează numai prin diametrul său, grosimea fiind neglijabilă.

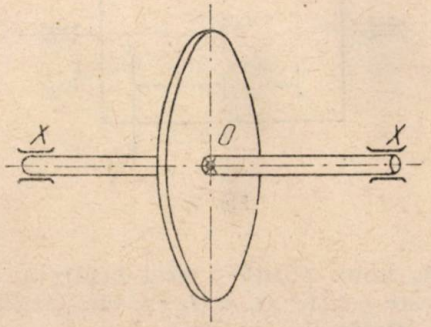


Fig. 2

1. Discul perfect echilibrat în rotaţie (fig. 2). Centrul geometric al discului coincide cu centrul de masă. Axa de rotaţie trece prin acest centru şi se confundă cu axa de simetrie. Este caracterizat numai prin greutatea proprie $G = \frac{m}{g}$. In aceste condiţii, nu apare nici o reacţie suplimentară.

Discul desechilibrat în rotaţie (fig. 3) este un plan desechilibrant care se roteşte în jurul axei sale de simetrie, centrul de greutate, necorespunzând cu centrul geometric. Dacă lagărele ar fi libere, axa lor ar descrie un cilindru în jurul axei geometrice. Cum lagărele sunt rigid fixate de un batiu oarecare, axa lagărului nu se mai poate deplasa în poziţia $X'X'$ şi este obligată să se confunde cu axa geometrică de simetrie, apărând reacţii suplimentare în lagăre. Aceste reacţii se datoresc forţei desechilibrante $P = m \cdot e \cdot \omega^2$, care provoacă vibraţia rotorului.

c) *Rotorul cilindric normal* (fig. 4) este caracterizat prin diametrul şi lungimea sa. Poate fi conceput ca fiind format dintr'o serie de discuri paralele coaxiale, O, $O_1 \ldots O_n$.

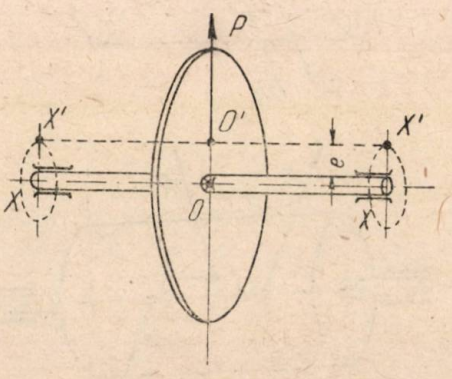


Fig. 3

1. Rotorul perfect echilibrat. Axa de rotaţie ce trece prin centrul de greutate al rotorului, coincide cu axa geometrică de simetrie (axa de revoluţie). Centrul de greutate al fiecăruia din seria de discuri paralele coaxiale se găseşte pe axa de simetrie. Rezultă că un rotor echilibrat se compune numai din discuri echilibrate.

2. Rotorul desechilibrat (fig. 5). Dacă unul sau n discuri din seria care constitue rotorul, sunt plane desechilibrante, rotorul este desechilibrat. Adică centrele de greutate ale celor n discuri desechilibrate nu se găsesc pe axa geometrică de simetrie a rotorului şi ca urmare nici centrul de greutate al rotorului. In rotaţie

va apare în fiecare plan desechilibrant, o forță de forma :

$$P_i = m_i e_i \omega^2.$$

Totalitatea acestor forțe, situate în plane paralele dar cu direcții diferite, se poate asimila

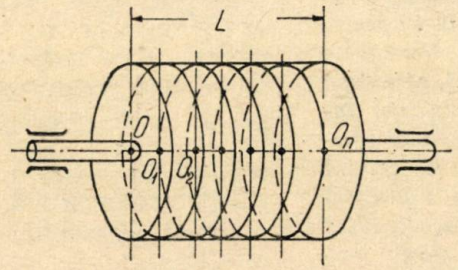


Fig. 4

unui sistem de vectori, care în raport cu un punct oarecare, se poate reduce la o forță rezultantă și un cuplu rezultant. Valoarea forței rezultante este :

$$P = \omega^2 \sum m_i e_i = m \cdot e \cdot \omega^2$$

unde m_i = masa unui plan desechilibrant, e_i = excentricitatea centrului de greutate al unui plan desechilibrant, ω = viteza unghiulară, m = masa rotorului.

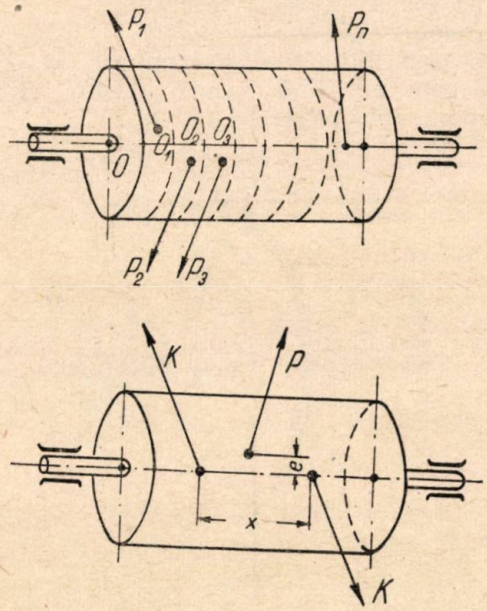


Fig. 5

Valoarea cuplului rezultant este :

$$M = K\,x$$

după notațiile din fig. 5.

Ca o consecință, în cazul lagărelor libere, axa lagărelor suferă următoarele modificări :

— o deplasare paralelă cu axa de simetrie, până în centrul de greutate O′, datorită forței rezultante P (caracteristic deschilibrului static) ;

— o înclinare față de axa de simetrie cu un unghiu oarecare datorită cuplului rezultant M (caracteristic desechilibrului d namic).

d) *Desechilibrul static.* Am redus totalitatea forțelor desechilibrante la o rezultantă $P = me\,\omega^2$ și un cuplu rezultant M.

Dacă $M = 0$, rotorul rămânând numai sub acțiunea forței P, zicem că rotorul este desechilibrat static.

Considerăm un disc desechilibrat (fig. 6). Fie masa m_1, masa necompensată așezată la distanța r_1 de axul geometric X. Aceasta provoacă, după am mai spus, deplasarea axei lagărelor paralel cu axa geometrică în O′ (centrul de masă). Această masă în rotație produce forța $P_1 = m_1 r_1 \omega^2$.

Pentru echilibrarea ei opunem forța :

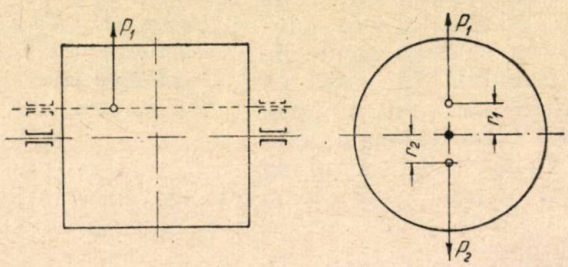


Fig. 6

$P_2 = m_2 r_2\,\omega^2$, adică trebue ca $P_1 = P_2$, de unde condiția de echilibru static $m_1 r_1 = m_2 r_2$ (masele m_1 și m_2 trebue să fie așezate la 180°).

e) *Desechilibrul dinamic* (fig. 7). Acesta apare când rezultanta este nulă $P = 0$. In acest caz rotorul poate fi imaginat ca fiind compus din două discuri desechilibrate, coaxiale geometric și paralele între ele, în condițiile următoare :

$$m_1 r_1 = m_2 r_2$$

unghiul maselor desechilibrante m_1 și m_2 este de 180°, distanța între plane (discuri) este l.

Forțele P_1 și P_2 fiind egale, de sens contrar și necomplanare, apare cuplul $P \cdot l$.

Centrele de masă ale celor două discuri fiind deplasate față de axa de simetrie cu aceeași

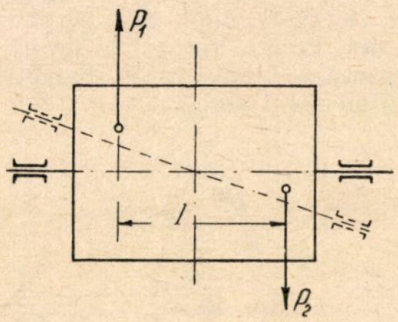


Fig. 7

distanță, noua poziție a axei lagărelor trecând prin aceste centre ,O_1 și O_2 va tăia axa de simetrie la jumătate.

f) *Desechilibrul general* (static și dinamic) apare atunci când atât rezultanta P cât și cuplul M au valori diferite de zero. Putem

imagina o astfel de situație presupunând că între cele două discuri dela cazul anterior, nici una din condițiile impuse nu există. Adică :

$$m_1 r_1 \neq m_2 r_2 \text{ și } \sphericalangle (m_1 . m_2) \neq 180^\circ$$

Acesta este genul de desechilibru întâlnit în practică. In acest caz trebue eliminată atât forța P cât și cuplul M, adică este necesară și echilibrare dinamică și echilibrare statică. Vom vedea însă, că pentru acest lucru se pot construi mașini care execută ambele operațiuni.

B. MAȘINA DE ECHILIBRAT DINAMIC

O astfel de mașină poate determina valoarea desechilibrului provocat de acțiunea forței rezultante $P = m \cdot e \cdot \omega^2$ și a cuplnlui rezultant M. Operațiunea se numește echilibrare dinamică, deoarece este necesar ca rotorul să se învârtească pe mașină în timpul echilibrării.

Majoritatea mașinilor de echilibrat nu pot determina valoarea desechilibrului decât prin două etape operative, asupra a două plane transversale pe axa rotorului, numite plane de echilibrare, (planele în care se adaugă sau se scoate material). Planele de echilibrare se aleg după criterii constructive, adică după posibilitatea de acces și după tipul mașinii. Foarte adesea, aceste două plane, sunt planele frontale ale rotorului.

Să demonstrăm că forța P și cuplul M (a căror apariție am arătat-o la paragraful *c*) se pot reduce la două forțe acționnând în două plane transversale ale rotorului.

In adevăr, fie un rotor desechilibrat sub acțiunea forței P și a cuplului $M = k'l'$.

In raport cu un punct oarecare, situat la distanțele a_1 și a_2 față de forțele P_1 și P_2 forța P se descompune în 2 componente P_1 și P_2 astfel ca :

$$P_1 + P_2 = P$$
$$P_1 \cdot a_1 = P_2 a_2$$

de unde :

$$P_1 = \frac{a_2}{a_1 + a_2} \cdot P$$

$$P_2 = \frac{a_1}{a_1 + a_2} \cdot P$$

Deasemenea, cuplul poate fi transpus în planele I și II, în așa fel ca să avem :

$$K'I' = k \cdot l$$

Noua situație este arătată în fig. 8.

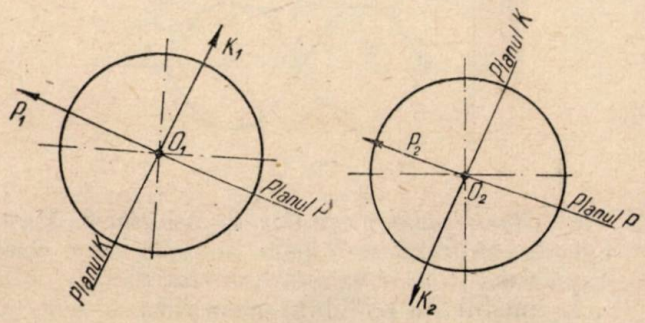


Fig. 8

In planul I există forțele P_1 și K_1 iar în planul II forțele P_2 și K_2.

$$K_1 = -K_2 = |K|$$

Rotorul cilindric, compus dintr'o infinitate de plane ce trec prin axa de revoluție din care în n plane acționează forțe desechilibrante, este imaginat ca redus la 2 astfel de plane : planul (P) în care acționează componentele P_1 și P_2 și planul (K) în care acționează forțele K_1 și K_2 (fig. 9).

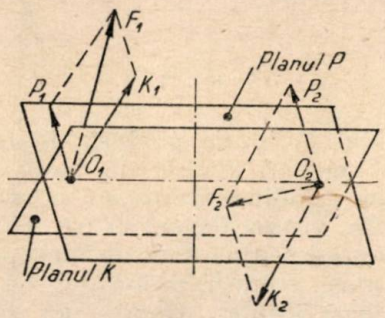


Fig. 9

Făcând rezultantele în cele 2 plane I și II, obținem F_1 și F_2.

Cu alte cuvinte am redus totalitatea forțelor desechilibrante la două forțe F_1 și F_2 de direcție și mărimi diferite, care acționează în două plane frontale paralele ale rotorului.

A echilibra un rotor, înseamnă a găsi mărimea, direcția și sensul acestor forțe desechilibrante și a le opune forțele echilibrante Q_1 și Q_2 (fig. 10).

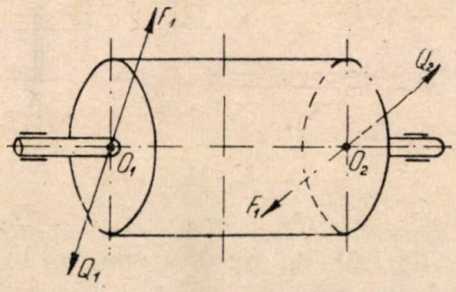


Fig. 10

Condiția de echilibru general se exprimă în acest caz :

$$\frac{\overline{F_1}}{F_2} = -\frac{\overline{Q_1}}{Q_2}$$

a) *Dispozitivul de înregistrare a vibrațiilor rotorului* (fig. 11).

Fie un rotor supus rotației pe 2 stative identice cu următoarea construcție : o tijă OA articulată în O, susținută în echilibru (poziția verticală) de două resoarte, a căror tensiune se poate regla. In extremitatea A a tijei se găsește un lagăr, în care poate rula rotorul, anume chiar cu planul desechilibrant, *o*.

In planul desechilibrant acționează forța F care în rotație poate fi urmărită prin proecția sa pe orizontală pe axa XX.

$$F \cos (90 - \alpha) = F \sin \alpha$$

In raport cu axa XX avem variația sinusoidală a forței desechilibrante F. Ea poate fi înregistrată pe cadranul C prin mișcarea

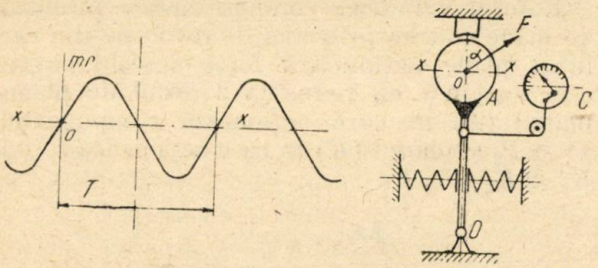


Fig. 11

indicatorului. Vibrația produsă de forța $F = m \cdot r \cdot \omega^2$ poartă numele de undă desechilibrantă. Amplitudinea ei este $m\,r$, iar perioada T rezultă din viteza de antrenare a rotorului.

Echilibrarea acestei unde se face prin introducerea unei vibrații artificiale, cu ajutorul mașinii de echilibrat, vibrație ce dă naștere undei echilibrante. Mașina permite a măsura valoarea și direcția acestei unde.

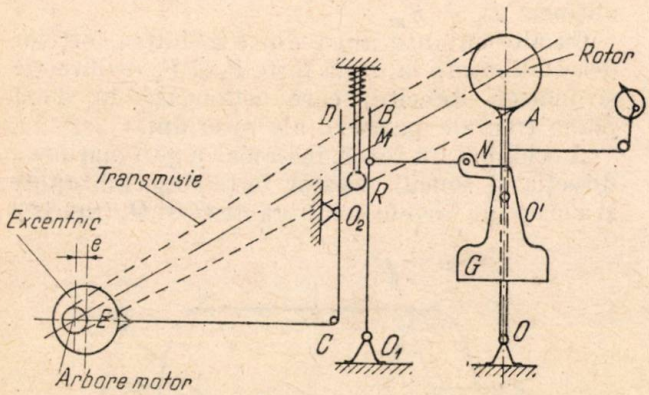


Fig. 12

b) *Dispozitivul de introducere a vibrației artificiale.* (fig. 12). Se compune dintr'un excentric antrenat de arborele motor a cărui mișcare este sincronă cu mișcarea rotorului, astfel încât vorbindu-se de turația rotorului se înțelege implicit turația arborelui, care antrenează excentricul. Mișcarea excentricului se transmite prin tija EC barei CD care poate oscila în jurul punctului fix O_2. Prin rola R vibrația tijei CD se transmite barei $O_1\,B$, articulată în O_1. Prin bara MN, orcilația ajunge la pendulul G care este articulat în O' chiar pe tija OA a dispozitivului de înregistrarea vibrațiilor rotorului.

In acest fel vibrația artificială este datorită oscilării pendulului. Această oscilație artificială se interferează cu vibrația rotorului desechilibrat.

c) *Fenomenul echilibrării pe mașină.* Unda echilibrantă introdusă prin dispozitivul de mai sus, poate și trebue să fie variată ca amplitudine și fază. Variația amplitudinei se face schimbând poziția rolei R. Când rola este în O_2, nu se transmite nicio vibrație pendulului G, iar când rola este în poziția de sus, se transmite vibrația de amplitudine maximă.

Faza vibrației artificiale se poate varia, schimbând poziția relativă a excentricului față de arborele motor. Aceasta se face cu ajutorul unui mecanism complicat, care nu intră în cadrul acestui articol.

Să presupunem că vibrația desechilibrantă apare la un unghiu față de reperul O al mașinii, Vibrația artificială începe a fi introdusă la orice unghiu, de exemplu O^0 (fig. 13).

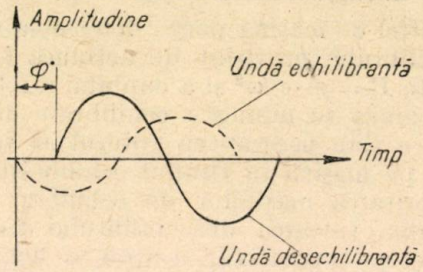


Fig. 13

Se mărește amplitudinea undei echilibrante până când atinge aproximativ valoarea undei desechilibrante (ceeace practic se observă la vibrația acului indicator care este minimă). Situația se poate prezenta astfel încât unda echilibrantă să fie defazată cu $180° - \varphi°$ înaintea undei echilibrante (fig. 14 a) sau cu $180° + \varphi^0$ (fig. 14 *b*).

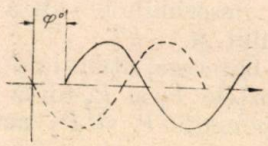


Fig. 14 a

Fig. 14 b

Deplasând unda echilibrantă cu unul din cele două unghiuri în sensul unghiurilor crescătoare, ajungem la situația de echilibru, când vibrația indicatorului încetează. Cele două unde sunt egale și de semn contrar (fig. 15).

Se citește pe cadranele mașinei amplitudinea în g *cm* și poziția undei echilibrante față de reperul O, adică unghiul φ.

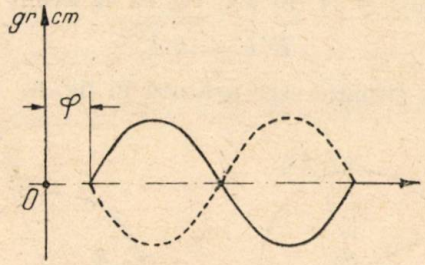


Fig. 15

d) *Clasificarea mașinilor de echilibrat.* Mașinile de echllibrat se împart în două mari clase după modul de înregistrare a vibrației :

1. mașini de echilibrat electrice ;
2. Mașini de echilibrat mecanice.

Cele mai uzuale mai ales în țara noastră, sunt cele mecanice. Acestea la rândul lor se împart în două grupe :

— mașini de echilibrat cu cadru (fig. 16), care prin construcția lor pot aduce planele de echilibrare în planele de oscilație ($a = b = 0$ și $L = 1$).

— mașini de echilibrat fără cadru (fig. 16) care prin construcția lor nu permit aducerea planelor de echilibrare în planele de oscilație.

Această ultimă grupă de mașini de echilibrat, formează obiectul prezentului studiu. Exemplu de astfel de tip de mașină de echilibrat dinamic este mașina Benrath.

Cum va reeși din restul articolului, astfel de mașini nu sunt proprii oricăror fel de rotoare, căci introduc erori, dacă se lucrează după prescripțiile mașinii.

Una din întreprinderile noastre s'a izbit de toate aceste dificultăți, în urma cărora s'au făcut cercetări teoretice, stabilindu-se elementele teoretice enunțate și două metode de echilibrare.

e) *Vederea generală a mașinii de echilibrat Benrath* (fig. 16). Se văd cele 2 stative A și B, care formează lagărele ce susțin rotorul. In interiorul lor se găsesc dispozitivele de înregistrare a vibrațiilor rotorului și dispozitivul de introducere a undei echilibrante. Antrenarea rotorului se face printr'o cuplă cardanică, care primește mișcare dela un motor asincron trifazat cu colector, a cărui turație se poate regla fin. Manetele u și v servesc respectiv pentru manipularea amplitudinei și a fazei undei artificiale echilibrante.

ției rotorului, cât și din cauza tipului de mașină de echilibrat. Astfel că între planele de echilibrare 1 și 2 și între planele de oscilație A și B, rămân distanțele a și b. Distanța între stativele A și B se notează cu L, iar distanța între planele de echilibrare 1 și 2 se notează cu l.

e) *Procedeul de echilibrare și formula propusă de firma constructoare.* Mă voi mărgini numai la indicații generale, deoarece practica echilibrării formează obiectul unui alt articol.

1. Se așează rotorul pe cele două lagăre ale stativelor A și B (planele de oscilație).

2. Se cuplează rotorul cu arborele mașinii.

3. Se încastrează unul din stative, de exemplu B.

4. Se ridică turația, la rezonanță între frecvența proprie a rotorului și cea a sistemului oscilant, când vibrațiile sunt maxime și vizibile pe cadranul din A. Acest cadran va arăta vibrația produsă de forța desechilibrantă P_1 din planul 1 de echilibrare. Acul din B rămâne nemișcat, pârghia oscilantă OA fiind imobilizată.

5. Incepe introducerea undei echilibrante, manipulând amplitudinea și faza ei cu ajutorul manetelor u și v. Când acul cadranului A nu mai arată nici o vibrație, unda desechilibrantă a fost echilibrată. Se poate spune că mașina a introdus o forță R_A în planul de oscilație A, care echilibrează vibrația provocată de forța P_1.

6. Se fac citirile : amplitudinea q în g cm și faza undei echilibrante φ_A^0. Amplitudinea undei desechilibrante va fi egală cu q, iar faza $\varphi_A^0 + 180°$.

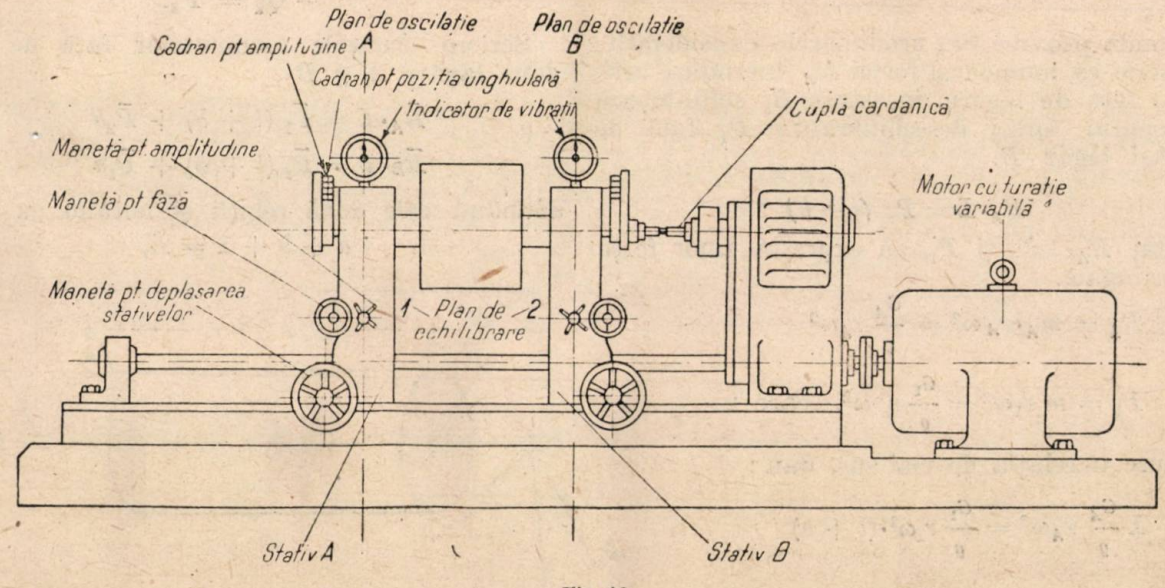


Fig. 16

In figură se observă și planele de echilibrare ale rotorului (planele în care se adaugă greutățile de echilibrare). Se vede că aceste plane de echilibrare nu se pot aduce în planele de oscilație (stativele A și B) atât din cauza construc-

Urmează calculul greutății echilibrante, cu formula propusă de firma constructoare (fig. 17). (A nu confunda notațiile firmei, cu ale noastre).

$G_1 = \frac{10\,q \cdot B}{\frac{D}{2} \cdot A}$, care după notațiile acestei firme înseamnă :

G_1 = greutatea de adăugat în planul 1 de echilibrare, în g.

q = citirea amplitudinei forței R_A introdusă de mașină, în g cm.

B = distanța dintre planele de oscilație (între stativele A și B), pe care noi am notat-o cu L. Se exprimă în mm.

A = distanța dela lagărul încastrat B la planul de echilibrare 1 sau în figură $l + b$ măsurat în mm.

$\frac{D}{2}$ = raza la care putem să adăugăm greutatea G_1 în planul 1 după notațiile noastre r_1 în mm. Cifra 10 este transformarea dimensiunilor din cm în mm.

Schimbând aceste notații cu ale noastre, formula de mai sus devine :

$$G_1 = \frac{10\,qL}{r_1\,(l + b)}$$

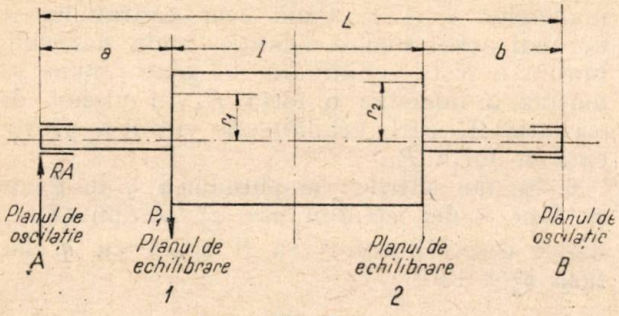


Fig. 17

Formula provine din următoarele considerații : Se scrie că momentul forței R_A introduse artificial față de lagărul incastrat B, echilibrează momentul forței desechilibrante P_1 față de același lagăr B.

$$R_A \cdot L = P_1\,(l + b)$$

Atât R_A, cât și P_1, au expresia unor forțe centrifugale.

$$R_A = m_A \cdot r_A \omega^2 = \frac{G_A}{g} r_A \omega^2$$

$$P_1 = m_1 r_1 \omega^2 = \frac{G_1}{g} r_1\,\omega^2, \text{ care in-}$$

troduse în relația de mai sus, dau :

$$L \frac{G_A}{g} r_A \omega^2 = \frac{G_1}{g} r_1 \omega^2 \cdot (l + b)$$

sau

$$G_1 = \frac{(G_A\,r_A)\,L}{r_1\,(l + b)}$$

în care

$$G_A r_A = q,$$

ceeace citim ca amplitudine pe cadranul etalonat al mașinii în g cm.

Dacă luăm celelalte dimensiuni în mm, atunci q se transformă :

$$G_A r_A \text{ g cm} = 10\,G_A r_A \text{ mm} = 10\,q$$

adică

$$G_1 = \frac{10\,qL}{r_1\,(l + b)}$$

Se procedează analog pentru planul de echilibrare 2, incastrând însă lagărul A. Formula devine :

$$G_2 = \frac{10\,qL}{r_2(l + a)}$$

Aplicându-se greutățile G_1 și G_2 astfel calculate se observă că rotorul continuă să vibreze.

g) *Deficiențele formulei propuse de firma constructoare și improprietatea mașinei pentru anumite tipuri de rotoare.*

Să analizăm cazul de echilibrare pe mașina de echilibrat Benrath (fig. 18).

Am enunțat la începutul cap. B că forța rezultantă și momentul M la care s'a redus totalitatea forțelor desechilibrante, se poate asimila cu acțiunea a două forțe P_1 și P_2 în planele de echilibrare 1 și 2.

Distingem trei genuri de forțe și anume :

— forțele desechilibrante $\bar{P}_1$ și $\bar{P}_2$;

— forțele introduse artificial de mașină în momentul echilibrării $\bar{R}_A$ și $\bar{R}_B$;

— forțele care se adaugă în planele 1 și 2 pentru echilibrare $\bar{Q}_1$ și $\bar{Q}_2$.

$$-\bar{Q}_1 = \bar{P}_1$$

$$-\bar{Q}_2 = \bar{P}_2.$$

Scriem ecuațiile momentelor față de cele două lagăre A și B

$$\bar{R}_A \cdot L = \bar{P}_1\,(l + b) + \bar{P}_2 b$$

$$\bar{R}_B \cdot L = \bar{P}_2\,(l + a) + \bar{P}_1 a$$

adunând cele două relații și notând cu

$$a + b + 1 = L,$$

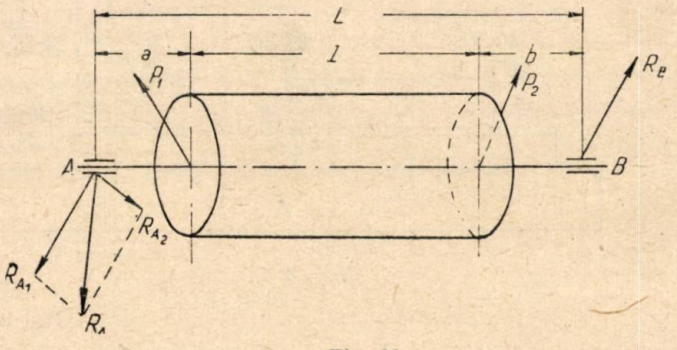


Fig. 18

obținem

$$(\bar{R}_A + \bar{R}_B)\,L = \bar{P}_1\,(a + b + l) + \bar{P}_2(a+b+l) =$$

$$= (\bar{P}_1 + \bar{P}_2)\,L \qquad \bar{R}_A + \bar{R}_B = \bar{P}_1 + \bar{P}_2.$$

Reiese că forțele $\bar{R}_A$ și $\bar{R}_B$ introduse de mașină în planele A și B, echilibrează în ansamblul lor, forțele echilibrate P_1 și P_2.

La transpunerea forțelor R_A și R_B în planele 1 și 2, unde operăm echilibrarea, adică trecerea dela forțele R_A și R_B la forțele Q_1 și Q_2, echilibrul se strică, dacă ne conducem după formula propusă de firma constructoare.

In adevăr, se observă din figura 18

$$\bar{R}_A L = -\bar{Q}_1 (l + b)$$
$$\bar{R}_B L = -\bar{Q}_2 (l + a).$$

Introducând aceasta în relațiile de mai sus, avem :

$$-\bar{Q}_1 (l + b) = \bar{P}_1 (l + b) + \bar{P}_2 b$$
$$-\bar{Q}_2 (l + a) = \bar{P}_2 (l + a) + \bar{P}_1 a$$

de unde :

$$-\bar{Q}_1 = \bar{P}_1 + \bar{P}_2 \frac{b}{l + b}$$

$$-\bar{Q}_2 = \bar{P}_2 + \bar{P}_1 \frac{a}{l + a}$$

Aceste relații ne spun următoarele :

— prin transpunerea forțelor citite R_A și R_B în planele de echilibrare situate la distanțele a și b față de planele de oscilație A și B, ecuațiile de echilibru se strică, căci nu mai sunt respectate condițiile de echilibru și anume :

$$-\bar{Q}_1 = \bar{P}_1$$
$$-\bar{Q}_2 = \bar{P}_2$$

— dacă $a = b = 0$ condițiile de echilibru reapar căci termenii paraziți $P_2 \frac{b}{1 + b}$ și $P_1 \frac{a}{1 + a}$ se anulează.

Rezultă că dacă am putea aduce planele de echilibrare în planul stativelor, am putea echilibra fără erori, cu ajutorul formulei propuse.

Acest lucru este imposibil de realizat cu astfel de mașini. Când echilibrarea nu cere o mare precizie, ne mulțumim ca distanțele a și b să fie cât mai mici, ceeace nu este totdeauna posibil.

Voi arăta mai jos un asemenea caz și anume rotorul unui agregat de sudură mobil de 250 A (fig. 19).

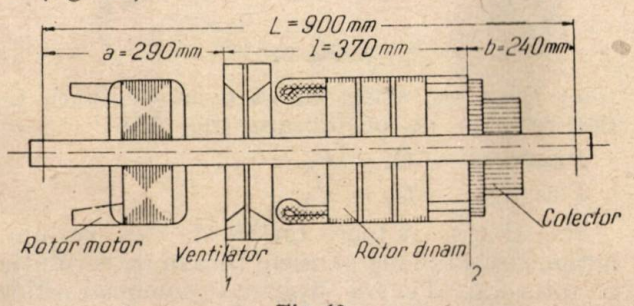


Fig. 19

Posibilitățile de echilibrare sunt :

— planul 1 pe discul ventilatorului ;

— planul 2 pe bandajul rotorului.

$a = 290$ mm
$b = 250$ mm
$l = 370$ mm.

Calculăm termenii paraziți :

$$\frac{b}{1 + b} = \frac{250}{370 + 250} = 0{,}40 = 40\% ;$$

$$\frac{a}{1 + a} = \frac{290}{370 + 290} = 0{,}44 = 44\%.$$

Aceste erori sunt inadmisibile.

In cazul rotoarelor lungi, de exemplu $l = 1500 - 2000$ mm, erorile $\frac{a}{l + a}$ și $\frac{b}{l + b}$ devin neglijabile, de ordinul $1 \sim 5\%$, ceeace este admisibil.

Tragem concluzia că mașinile de echilibrat dinamic fără cadru, se pretează la echilibrarea rotoarelor de mare lungime și cu planele de echilibrare cât mai aproape de planele de oscilație A și B.

C. ECHILIBRAREA FARA ERORI PE MAȘINA BENRATH

In fabrica noastră am preconizat două procedee :

— echilibrarea dinamică cu prealabilă echilibrare statică ;

— diagrama vectorială a echilibrării.

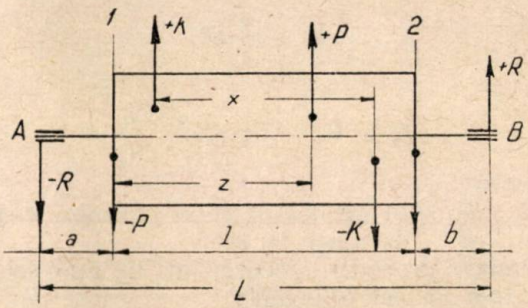


Fig. 20

a) *Echilibrarea dinamică cu prealabilă echilibrare statică.* Procedeul constă în două etape :

1. echilibrarea rotorului pe cale statică ;
2. echilibrarea dinamică a rotorului static echilibrat.

In ce constă rațiunea procedeului :

Am arătat că rotoarele desechilibrate conțin, în rotație, un cuplu inițial M și o forță rezultantă P. Static nu sesizăm decât componenta P, pe care o echilibrăm pe această cale, adăugând o greutate în unul din planele de echilibrare. Să ne închipuim un rotor static echilibrat (fig. 20), care este supus echilibrării dinamice.

In rotație se sesizează următoarea situație :

— Cuplul $\overline{Kx}$, existent inițial.

— Cuplul $\overline{Pz}$, provenit din echilibrarea statică a forței P existente inițial.

Observăm că rotorul este desechilibrat numai de 2 cuple care se pot aduna, astfel că rămâne numai sub influența unui cuplu rezultant $\overline{Yl} = \overline{Kx} + \overline{Pz}$.

Cu alte cuvinte am transformat desechilibrul din general în dinamic. Adus în această stare pe mașina de echilibrat dinamic, rotorul nu poate fi echilibrat decât opunându-i un cuplu echilibrant, astfel ca

$$\overline{RL} = \overline{Yl}.$$

Observație : Trebue remarcat că în cazul general aceste 3 cuple $\overline{Kx}$, $\overline{Pz}$, $\overline{RL}$, luate deodată sau câte două nu sunt în același plan. Pentru ușurința desenului, în fig. 20 apar în planul hârtiei. Un caz particular remarcabil ar fi când forța desechilibrantă $\bar{P}$ se găsește tocmai în planul de echilibrare, în care echilibrăm static. In acest caz, cuplul $\overline{Pz} = 0$ și $\overline{RL} = \overline{Kx}$. Se vede din cele de mai sus că distanțele a și b nu mai joacă nici un rol la transpunerea forțelor din planele A și B în planele 1 și 2, dat fiind că singura condiție de echilibru este :

$$\overline{RL} = \overline{Yl},$$

care este independentă de a și b.

Deducem apoi :

$$Y = R\frac{L}{l}$$

unde :

$$Y = \frac{G}{g} r\omega^2$$

$$R = \frac{q}{g}\omega^2,$$

sau :

$$G = G_1 = G_2 = \frac{q}{r} \cdot \frac{L}{l}$$

în care :

G_1 și G_2 sunt greutățile ce se plasează în planele 1 și 2, decalate la 180°.

Practic, procedeul decurge într'un mod schimbat față de cel obișnuit :

— se montează rotorul pe mașină ;

— se lasă libere ambele stative (nu se incastrează) ;

— se decalează unul din dispozitivele de introducere a vibrației artificiale, la 180°.

— se lucrează simultan la cele 2 stative, căutând a introduce forțele R_A și R_B cât mai egal.

In felul acesta introducem un cuplu RL ($R = R_A = R_B$), care se opune cuplului desechilibrant Yl.

— La echilibru se fac citirile lui R_A și R_B, care trebue să fie egale și de semn contrar.

— Se face transpunerea cuplului echilibrant, după formulele de mai sus.

D e f i c i e n ț e l e a c e s t u i p r o c e d e u. Presupune echilibrare statică prealabilă, ceeace face ca erorile dela echilibrarea statică să se adune celor dela echilibrarea dinamică. O eroare statică, înseamnă că forța P nu a fost corect echilibrată static, ca mărime și direcție. Astfel, că rotorul nu se prezintă la mașina de echilibrat dinamic, cu un desechilibru pur dinamic, ci într'o măsură oarecare desechilibrat general, căci o parte din forța P rămâne neechilibrată static și eronează procedeul.

— Necesită trei greutăți de echilibrare : una dela static pentru anularea forței rezultante, alte două dela dinamic pentru anularea cuplului.

— Implică manoperă mare.

Cu toate aceste deficiențe, dacă se lucrează îngrijit, acest procedeu dă rezultate satisfăcătoare din punct de vedere practic.

e) *Metoda diagramei vectoriale a echilibrării.* Această metodă rezolvă problema echilibrării pe mașinile fără cadru, eliminând inconvenientele primului procedeu.

In adevăr :

— nu mai este necesară echlibrarea statică prealabilă ;

— necesită numai două greutăți în planele de echilibrare ;

— nu are erori.

Această metodă este destinată echilibrărilor de precizie. Iată bazele teoretice :

Am arătat în cursul expunerii că mașina poate echilibra rotorul, prin introducerea artificială a două forțe R_A și R_B (planele de oscilație). Eroare se face la transpunerea lor în planele de echilibrare 1 și 2. Cauza : cele două distanțe a și b, între lagărele mașinii și planele de echilibrare.

Să presupunem un rotor desechilibrat, sub acțiunea forțelor desechilibrante P_1 și P_2, diferite ca mărime și direcție.

Cu ajutorul mașinii, echilibrăm rotorul. Blocând lagărul B, avem :

$$\bar{R}_A L = \bar{P}_1 (l + b) + P_2 b.$$

Blocând lagărul A, avem analog :

$$\bar{R}_B L = \bar{P}_2 (l + a) + P_1 b.$$

Esența problemei este să transpunem forțele citite $\bar{R}_A$ și $\bar{R}_B$, în planele 1 și 2 sub forma forțelor Q_1 și Q_2, astfel ca să avem echilibru în fiecare plan de echilibrare (fig. 18).

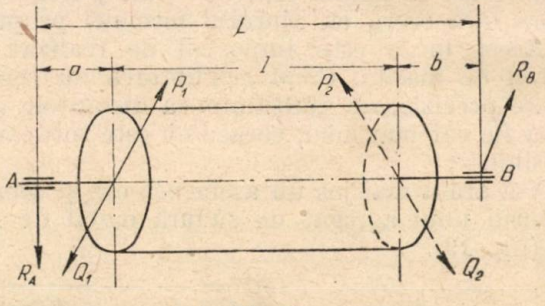


Fig. 21

Planul 1 $-Q_1 = \bar{P}_1$.

Planul 2 $-Q_2 = \bar{P}_2$.

Reamintim că toate forțele de care vorbim, acționează în plane paralele pe axa de revoluție a rotorului, Pentru ușurința demonstrațiilor vom folosi un singur plan, pe care vom proiecta toate forțele în mărime și direcție reală. Acest plan se numește plan de proiecție.

Figurăm în planul de proiecție diagrama vectorială, după cum urmează :

De pe cadrele mașinii am citit mărimea și direcția forțelor $\bar{R}_A$ și $\bar{R}_B$; în planul A : $\bar{R}_A$ = gcm la φ_A^0 și $\bar{R}_B$ g cm la φ_B^0 în planul B.

La o scară oarecare a forțelor trasăm poziția lui $\bar{R}_A$ și $\bar{R}_B$.

Facem rezultanta lor

$$\bar{R} = \bar{R}_A + \bar{R}_B$$

(această relație are numai sens matematic, forțele $\bar{R}_A$ și $\bar{R}_B$ fiind în plane diferite).

Descompunem una din forțele introduse în planele de oscilație, după direcția și mărimea celeilalte în sens opus.

De exemplu : descompunem forța $\bar{R}_A - \bar{R}_{A1} + \bar{R}_{A2}$ astfel ca $\bar{R}_{A1} = -\bar{R}_B$.

Figurăm și forța $\bar{R}_{A1}$ pe direcția contrară lui $\bar{R}_B$.

Din relațiile de mai sus reiese :

$$\bar{R} = (\bar{R}_{A1} + \bar{R}_{A2}) + \bar{R}_B,$$

deoarece $\bar{R}_{A1} = -\bar{R}_B$ rezultă :

$$\bar{R} = \bar{R}_{A1}.$$

In această situație putem considera că rotorul desechilibrat se găsește sub influența cuplului $\bar{R}_B L$ și a forței $\bar{R}$ din planul A.

Acum în loc de a transpune în planele 1 și 2 forțele $\bar{R}_A$ și $\bar{R}_B$, transpunem forța $\bar{R}$ și cuplul $\bar{R}_B L$.

Transpunerea cuplului $R_B L$ din planele A și B în planele 1 și 2, se face cu formula :

$$\bar{R}_B L = \bar{X} l,$$

sau notând cele două forțe egale și de semn contrar, care formează cuplul din planele 1 și 2, cu $\bar{X}_1$ și $\bar{X}_2$, avem :

$$\bar{X}_1 = \bar{X}_2 = \bar{R}_B \frac{L}{l}$$

Planul forțelor X este planul forței R_B (format cu axa de revoluție a rotorului).

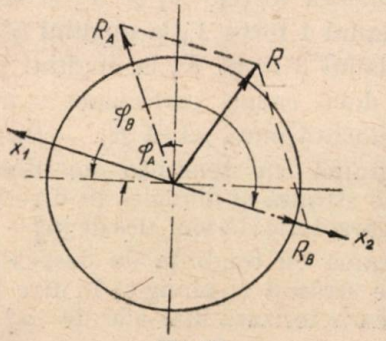


Fig. 22

In diagramă figurăm pe direcția lui R_B cele două forțe, astfel calculate, în modul următor (fig. 22) :

X_1 în sensul contrar lui $\bar{R}_B$;

X_2 în același sens cu $\bar{R}_B$.

Transpunerea forței R din planul A, în planele 1 și 2 se face cu următoarele considerente (fig. 23).

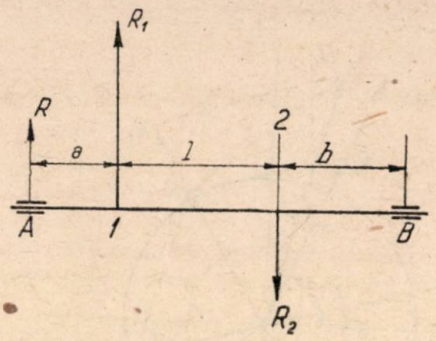


Fig. 23

Se descompune forța $\bar{R}$ în două componente $\bar{R}_1$ și $\bar{R}_2$, care acționează în planele 1 și 2, satisfăcând condițiile :

$$\bar{R}_1 - \bar{R}_2 = \bar{R}$$

$$\bar{R}_1 a = \bar{R}_2 (l + a).$$

Prima relație este suma proiecțiilor forțelor pe direcția lui R.

A doua relație este suma momentelor forțelor în raport cu punctul A.

Deducem :

$$\bar{R}_1 = \bar{R} \frac{a+l}{l} \; ; \quad \bar{R}_2 = \bar{R} \frac{a}{l}$$

Aceste noi forțe R_1 și R_2 acționează în planul forței R (format cu axa de revoluție a rotorului).

In diagramă trasăm poziția acestor forțe după direcția lui $\bar{R}$ (fig. 24), în modul următor :

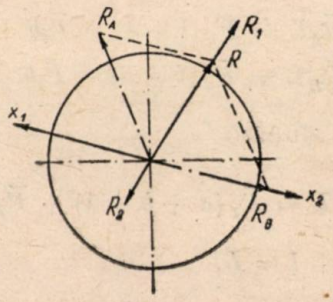


Fig. 24

$\bar{R}_1$ în sensul lui $\bar{R}$ (fig. 23) ;

$\bar{R}_2$ în sens contrar lui $\bar{R}$.

Situația este acum aceasta :

In planul de echilibrare 1 avem forțele R_1 și X_1.

In planul de echilibrare 2 avem forțele R_2 și X_2.

Făcând suma vectorială a acestor forțe în cele 2 plane, obținem

$$\bar{R}_1 = \bar{X}_1 + \bar{Q}_1$$

$$\bar{R}_2 = \bar{X}_2 + \bar{Q}_2,$$

Q_1 şi Q_2 sunt forţele ce trebue adăugate în planele 1 şi 2, pentru a face echlibru forţelor desechilibrante P_1 şi P_2.

Diagrama esre reprezentată în fig. 25.

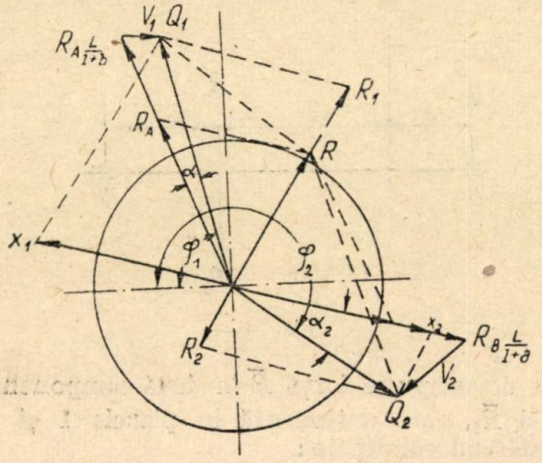


Fig. 25

Verificarea construcţiei grafice se face la sfârşitul construcţiei, adunând după legea paralelogramului forţele Q_1 şi Q_2, care adunare trebue să dea R, dacă restul construcţiei e bună. In adevăr se ştie că:

$$-\bar{Q}_1 = \bar{P}_1$$
$$-\bar{Q}_2 = \bar{P}_2,$$

care adunate dau:

$$-(\bar{Q}_1 + \bar{Q}_2) = \bar{P}_1 + \bar{P}_2.$$

Reluăm relaţiile dela capitolul C, paragraful *b*:

$$\bar{R}_A L = \bar{P}_1 (l + b) + \bar{P}_2 b$$
$$\bar{R}_B L = \bar{P}_2 (l + a) + \bar{P}_1 b,$$

pe care le adunăm

$$(\bar{R}_A + \bar{R}_B) L = \bar{P}_1 (a + b + 1) + \bar{P}_2 (a+b+l),$$

dar $a + b + l = L$,

deci avem:

$$\bar{R}_A + \bar{R}_B = \bar{P}_1 + \bar{P}_2.$$

Cum însă $\bar{R}_A + \bar{R}_B = \bar{R}$, rezultă că

$$\bar{P}_1 + \bar{P}_2 = \bar{R}.$$

Introducând aceasta în relaţia noastră, reiese că:

$$-(\bar{Q}_1 + \bar{Q}_2) = \bar{R},$$

ceeace are numai semnificaţie matematică şi justifică verificarea grafică a diagramei.

Discuţie. In diagramă, s'au figurat, conform prescripţiilor firmei constructoare, forţele:

$$R_A \cdot \frac{L}{l+b} \text{ şi } R_B \cdot \frac{L}{l+a}.$$

Dacă vom considera pe acestea în locul forţelor Q_1 şi Q_2, care sunt forţele echilibrante reale, vom comite următoarele erori:

— o eroare unghiulară α_1, respectiv α_2;

— o eroare de mărime, vectorii $\bar{V}_1$ respectiv $\bar{V}_2$.

Rezultă că rotorul după echilibrarea sa (necorectă) rămâne de fapt sub acţiunea forţelor desechilibrante necompensate: $\bar{V}_1$ şi $\bar{V}_2$.

Uneori, erorile sunt atât de mari — şi practica o confirmă — că echilibrarea cu diagrama vectorială este singura soluţie.

Cazuri particulare. In cazul desechilibrului static. Cuplul $M = 0$, iar rezultanta P acţionează undeva între planele de echilibrare 1 şi 2. In acest caz componentele P_1 şi P_2 au valori diferite, însă de aceeaşi direcţie şi sens.

Dacă P lucrează la distanţa $\frac{l}{2}$ faţă de planele 1 şi 2, atunci

$$P_1 = P_2.$$

In cazul şi mai singular când P acţionează în unul din planele de echilibrare, este evident că P_1 sau P_2 devine zero.

Practic maşina înregistrează două forţe de acelaşi sens

$$\bar{R}_A \text{ şi } \bar{R}_B, \text{ adică } \varphi_A^0 \cong \varphi_B^0 = \varphi^0.$$

Se calculează forţele $\bar{R}_1$ şi $\bar{R}_2$ şi se aplică:

— în planul 1 forţele R_1 la unghiul φ°;

— în planul 2 forţa R_2 la unghiul $\varphi^\circ + 180^\circ$.

In cazul desechilibrului dinamic, forţa $P = 0$ iar cuplul M există. Maşina înregistrează cele două forţe R_A şi R_B aproximativ egale şi de sens contrar, care acţionează la unghiul φ°.

Se calculează forţele X_1 şi X_2 şi se aplică:

— în planul 1 forţa X_1 la unghiul $\varphi^\circ + 180^\circ$;

— în planul 2 forţa X_2 la unghiul φ°.

Aceste două cazuri particulare sunt relativ rare şi niciodată pure, adică $\bar{R}_A - \bar{R}_B \cong 0$.

O diagramă cu tendinţa de desechilibru static, este strânsă şi alungită în direcţia forţei R_B, fiind caracterizată mai ales de $|\varphi_A^0 - \varphi_B^0| \to 0^\circ$.

O diagramă cu tendinţa de desechilibru dinamic este strânsă şi alungită în direcţia forţei R_A, fiind caracterizată mai ales de $|\varphi_A^0 - \varphi_B^0| \to 180^\circ$.

Practic, diagrama se execută pe un formular special. Forţele având expresia:

$$mr\omega^2 = \frac{G}{g} r\omega^2.$$

Se simplifică constantele ω^2 (viteza unghiulară) şi g (acceleraţia gravităţii), fiind exprimate prin Gr, astfel că

$$\bar{Q}_1 = \bar{G}_1 r_1 \quad \text{şi}$$

$$\bar{Q}_2 = \bar{G}_2 r_2,$$

unde r_1 şi r_2 sunt razele din planele 1 şi 2, la care se fixează greutăţile G_1, respectiv G_2.

Intr'un articol viitor vom reda practica echilibrării şi a punerii la punct a maşinilor de echilibrat dinamic.

★

О НЕКОТОРОЙ КАТЕГОРИИ МАШИН ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ БАЛАНСИРОВКИ

Резюме

Настоящая статья является результатом исследований по динамической балансировки роторов и обрисовывает одну из сторон борьбы за качество, которая ведется на одном предприятии. Необходимость динамической балансировки с помощью машины, которая как будет указано, была неподходящей для роторов производимых этим предприятием, привело к нахождению и применению решения, которое полностью разрешает динамическую балансировку с определенной категорией машин для динамической балансировки. Будучи уверены в актуальности и значении задачи, так как существуют и другие заводы которые имеют такого рода машины, мы нашли что своевременно поделится своим опытом с другими отечественными заводами, которые, наверно, встречают те-же затруднения.

В настоящей статье изложен примененный метод, предворительно уточнив некоторые теоретические элементы которые мы за одно привели в порядок.

MOTOARELE ELECTRICE IN FABRICILE DE CIMENT

Ing. G. MĂGURĂ

Articolul de faţă tratează despre motoarele utilizate în fabricile de ciment, arătând condiţiile speciale cerute de această industrie în funcţie de procesul tehnologic şi regimul de lucru. Totodată, în articol se arată cu ce motoare au fost echipate fabricile noi de ciment şi rezultatele obţinute până în prezent.

Pentru realizarea măreţei opere de construire a socialismului în patria noastră, pentru realizarea şi depăşirea primului nostru plan cincinal, şantierele ţării noastre consumă şi necesită din ce în ce mai mult ciment.

Tot acest ciment este produs de industria noastră, care din ultimii doi ani este în continuă desvoltare.

Alături de fabricile vechi de ciment, în care — graţie noilor metode de muncă — producţia este în continuă creştere, au intrat în producţie fabricile noi, construite în întregime de industria din ţară, fabrici cu o capacitate uriaşă de producţie.

Energia electrică are un rol de bază în producerea cimentului. Este suficient a cunoaşte că pentru a produce o tonă de ciment, sunt necesari circa 100 kW h şi că puterea simultană raportată la tona de producţie ciment în 24 ore, este de circa 5 kW, pentru a ne da seama de importanţa covârşitoare a utilajului şi a instalaţiilor electrice în fabricile de ciment.

In articolul de faţă, ne vom ocupa numai de motoarele electrice, urmând ca instalaţiile electrice propriu zise să formeze obiectul unui alt articol.

Fabricarea cimentului Portland se poate face în două feluri, prin procedeul umed şi prin procedeul uscat.

In fig. 1 se arată schema tehnologică optimă pentru amândouă procedeele.

După cum se vede, la ambele metode, materia primă (calcarul şi argila) dela intrarea în fabrică şi până la ieşirea sub formă de ciment, suferă multe transformări în maşini, precum şi o serie de transporturi.

In trecut şi în industria cimentului, ca şi în celelalte industrii, s'a mers foarte mult pe principiul transmisiilor principale, acţionate de un motor puternic şi dela care — prin curele — erau antrenate maşinile de producţie.

In acest mod, acţionarea se făcea pe grupuri de agregate, care aveau funcţiuni simultane şi la care oprirea unuia implica şi oprirea celorlalte. De exemplu : concasorul putea fi acţionat de aceeaşi transmisie cu benzile de alimentare şi evacuare ; maşina de împachetat cu elevatoarele şi şnecurile respective ş. a.

In fabricile construite în ultimul timp, sistemul de acţionare prin transmisii a cedat complet locul sistemului de acţionare individual al fiecărui agregat prin motor electric propriu sau chiar prin motor electric separat pentru fiecare operaţiune a aceleiaşi maşini.

Astfel, numărul şi tipurile motoarelor electrice a crescut foarte mult. Astăzi, o fabrică modernă are instalate peste 150 motoare electrice de puteri variind între 1—1000 kW, necuprinzându-se în această cifră serviciile auxiliare (pompe de apă, canalizare etc.), serviciile de întreţinere şi serviciile de preparare a combu-

stibilului (mori de cărbune, descărcare și transport combustibil etc.).

Odată cu trecerea la acționarea individuală au dispărut din fabricile de ciment curelele de transmisie, motoarele fiind cuplate, cu foarte rare excepții, direct de reductoare prin cuplaje.

foarte fin al vitezei, se utilizează frecvent un grup Leonard. Asupra acestui motor vom reveni mai departe.

Se poate spune că aproape toate tipurile de motoare de curent alternativ polifazat, și-au găsit utilizarea în fabricile de ciment.

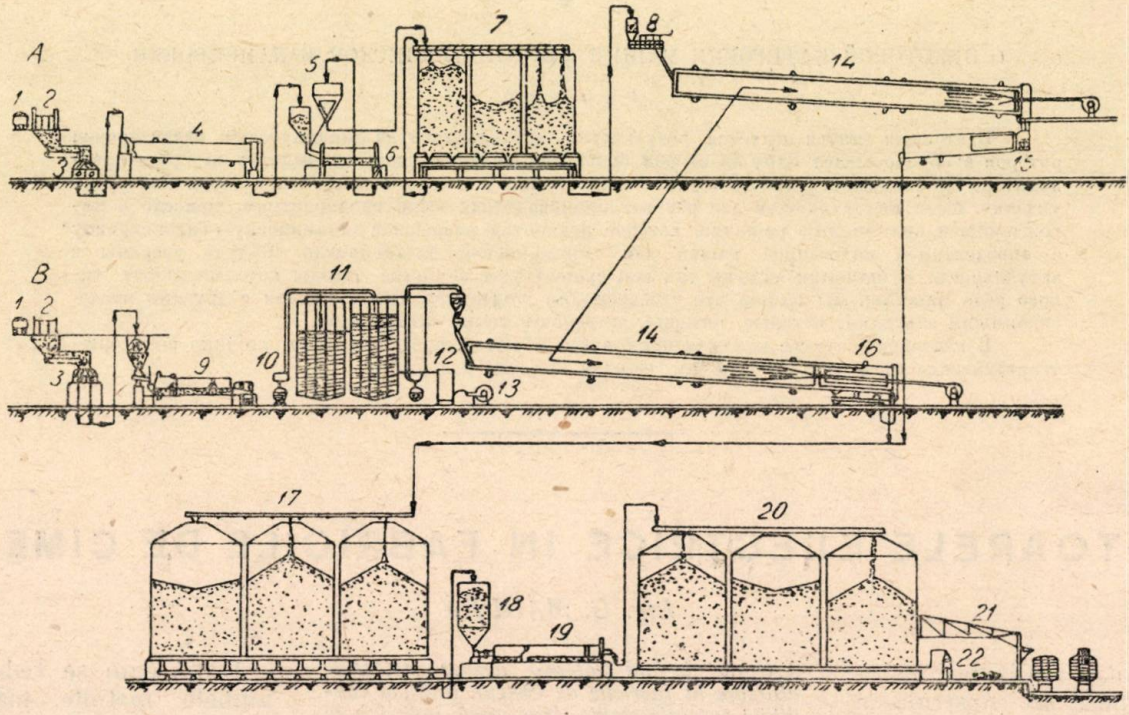


Fig. 1. Schema tehnologică de fabricare a cimentului Portland

A — procedeu uscat; *B* — procedeu umed; 1 — vagonet sosit din carieră; 2 — răsturnător basculant; 3 — concasor; 4 — uscător; 5 — separator centrifugal; 6 — moară de materii brute; 7 — siloz de omogenizare; 8 - dispozitiv de alimentare cuptor; 9 — moară de materii brute umedă; 10 — pompe pastă; 11 — rezervor pastă și omogenizare; 12 — rezervor de aer comprimat; 13 — compresor; 14 — cuptor rotativ; 15 — răcitor; 16 — răcitor sistem modern; 17 — silozuri de clinker; 18 — separator centrifugal; 19 — moară de ciment; 20 — silozuri de ciment; 21 — împachetare expediție; 22 — mașina de împachetat.

O caracteristcià generală a mașinilor din industria cimentului, este viteza redusă la care lucrează.

Astfel, cu excepția mașinilor centrifugale (pompe, ventilatoare), toate celelalte mașini necesită intercalarea unui reductor de viteză între motor și mașină.

Pentru a micșora cât mai mult mărimea acestui reductor, s'au adoptat în ciment motoare cu turație redusă. Totodată, pentru a nu mări prea mult costurile de investiții, reducerea turației motorului fiind mai scumpă decât cea a reductorului, precum și exploatarea motorului cu turație și putere mică fiind neeconomică, nu s'a mers sub 1000 rot/min la motoarele de putere mică și medie, ci numai la motoarele de putere mare și foarte mare. Astfel, motorul de antrenare al cuptorului rotativ cu o putere de 80 kW, are o turație de 500 rot/min și motorul de antrenare al morilor de materii prime și ciment, cu o putere de 500 kW are o turație de 750 rot/min.

Motoarele întrebuințate în ciment sunt exclusiv motoare de curent alternativ, cu o singură excepție, motorul dozatorului de material al cuptorului rotativ, unde cerându-se un reglaj

Baza motoarelor o formează motorul asincron trifazic, fiind alimentat la joasă tensiune pentru puterile până la 120 kW și la înaltă tensiune pentru puterile mari.

Se întrebuințează însă și motoare cu colector, cu caracteristică derivație, precum și motoare sincrone pentru puteri mari și foarte mari.

In afară de viteza redusă, alte trăsături comune majorității agregatelor sunt:

a) pornire în sarcină, cu un cuplu de pornire între 1,5 și 2 ori cuplul normal;

b) șocuri frecvente în timpul funcționării;

c) viteză și cuplu constanți.

Motorul cel mai indicat pentru un asemenea regim de funcționare este motorul asincron trifazic și, după cum am mai spus, marea majoritate a motoarelor instalate în fabricile de ciment sunt de acest gen.

Motorul în scurtcircuit cu pornirea directă în sarcină se utilizează pentru motoarele foarte mici, până la 5 kW. Pentru motoarele mici (5...20 kW) se menține pornirea directă în sarcină însă prin dispozitiv de ocolire al protecției motorului, aceasta pentru a permite reglarea judicioasă a protecției în funcție de curentul nominal și nu după curentul de por-

nire. Destul de frecvent pentru această gamă de motoare, se utilizează tipul cu rotorul în dublă sau triplă colivie și mai rar motorul Bucherot. Rezultate destul de bune au dat și motoarele în scurtcircuit cu cuplu mare de pornire, pornite prin pornitor stea-triunghiu. Acest sistem mai este întrebuințat și la motoare mari, care antrenează mașini ce pot porni în gol (ventilatoare, compresoare, pompe de apă). Pentru gama de motoare mijlocii, mari și foarte mari, indiferent de tensiune, se utilizează motoare cu inele, pornite prin rezistență, care dau cuplu mare de pornire reglabil, și aceasta în funcție de rezistențele intercalate în motor, iar curentul de pornire, redus la limite acceptabile, atât pentru rețea cât și pentru protecție. Deși aceste motoare au ridicător de perii, deci consumul și întreținerea lor nu sunt prea scumpe, totuși oridecâteori se poate înlocui cu un motor în scurtcircuit, se dă preferință acestuia. Astfel, o separație rigidă în funcție de puteri a tipurilor de motoare nu se poate face, alegerea acestora făcându-se după alte criterii decât sistemul de pornire și anume: randament, factor de putere, construcția mecanică etc.

Motoarele mici și mijlocii antrenează mai mult dispozitive de transport, elevatoare, benzi, șnecuri, mașini comune și altor industrii, astfel că pentru constructorii de mașini electrice reprezintă un sortiment cu posibilități variate de plasare. Cum mijloacele de transport au aproximativ aceeași viteză în toate industriile de măcinare, unele întreprinderi furnizoare au livrat motoare pentru aceste agregate cu reductor de viteză montat chiar pe motor, acesta cuplându-se astfel direct cu agregatul.

Există însă motoare specifice industriei cimentului, sau motoare la a căror alegere trebue ținut seama de condițiile speciale ale acestei industrii.

Aceste motoare sunt cele de antrenare ale morilor cu bile și al cuptoarelor rotative.

Caracteristica esențială a morilor cu bile, precum și caracteristica asemănătoare a concasorului cu ciocane, este că efortul maxim la pornire se depune numai într'un fragment de turație.

Aceste mașini se pot compara la pornire cu un pendul, care trebue adus în poziție de amplitudine maximă, de unde apoi cade liber.

Motorul are de învins această mișcare pendulară, deaceea la pornire trebue să depună un efort foarte mare.

Vom studia mai jos fenomenele care se produc la pornirea unei mori cu bile și valorile cuplului motor și cuplului rezistent.

In fig. 2 sunt reprezentate pozițiile bilelor într'o moară și anume:

1) poziția de repaus;

2) poziția după un timp corespunzător unghiului de rotire α;

3) poziția dela care începe rostogolirea bilelor (momentul rezistent maxim, punctul de amplitudine maximă a pendulului).

Reprezentând grafic în funcție de timp, aspectul cuplului motor, cuplului rezistent și al

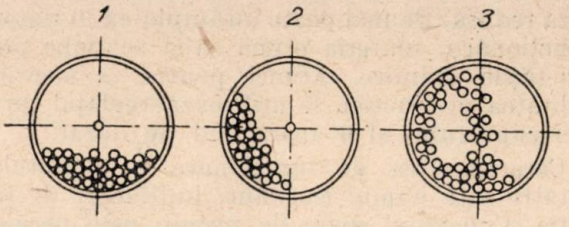


Fig. 2. Poziția bilelor într'o moară

turației motorului la pornire, vedem în fig. 3 că momentul rezistent este maxim la o turație mu't mai mică decât cea nominală, deci motorul va trebui să furnizeze cuplul maxim de pornire la această turație.

Acest cuplu este de circa două ori cuplul nominal al motorului.

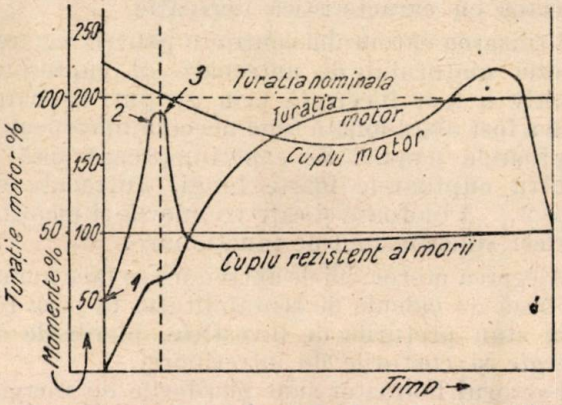


Fig. 3. Cuplu motor și rezistent la o moară cu bile

La motorul asincron, deplasarea cuplului maxim de pornire este ușor realizabilă prin reostatul de pornire.

Se poate întâmpla însă, ca din cauza materialului din moară, deplasarea corpurilor de măcinat să nu urmeze pozițiile indicate în fig. 2, deci nici cuplurile să nu aibă aspectul din fig. 3. In acest caz, se observă dela începutul pornirii, că turația crește foarte repede, însă pe urmă apar șocuri puternice. In adevăr, mașina cere un cuplu puternic tocmai când cuplul motor a început să scadă. Din aceste motive, motoarele de antrenare ale mașinilor de fărâmat și măcinat se supradimensionează cu 20%.

Din cauza șocurilor care apar în funcționarea mașinilor de măcinat, cuplajul motoarelor cu aceastea se face neapărat elastic. La concasoare, se preferă cureaua de transmisie, iar la mori cuplajul elastic.

Un alt motor care prezintă probleme speciale la alegerea lui, este motorul de antrenare al cuptorului rotativ.

Cuptorul rotativ trebue să aibă turația variabilă. In principiu, cuptorul trebue să meargă continuu la turația maximă, turație corespunzătoare maximului de producție. Insă la pornirea cuptorului, până la stabilirea unui strat

de material pe pereți (în termenii utilizați în industria cimentului, aceasta se numește „formarea inelului"), cuptorul funcționează cu viteză redusă. Se mai poate întâmpla ca în timpul funcționării, materia primă să-și schimbe proprietățile chimice. Atunci pentru a menține calitatea producției, se utilizează reglajul turației cuptorului și a aparatului de dozat.

Caracteristica de funcționare a cuptorului rotativ este cuplul constant, indiferent de turație. Consumul mare de putere este necesar rotirii cuptorului și nu a materialului din el, acesta reprezentând ca greutate numai câteva procente din greutatea cuptorului.

Pentru realizarea unei turații variabile a motorului de antrenare al cuptorului, se întrebuințează astăzi numai sisteme bazate pe curent alternativ și anume: motor asincron trifazic cu inele colectoare și rezistență variabilă în circuitul rotoric, motor asincron trifazic cu număr de poli variabili și motor asincron trifazic cu colector cu caracteristică derivație.

Utilizarea curentului continuu pentru reglarea vitezei motorului de antrenare al cuptorului rotativ a fost încercată prin grupuri Leonard, însă a fost abandonată fiind neeconomică pentru cuptoarele uzuale. Se experimentează însă și pentru cuptoarele foarte lungi, antrenate de câte 2...3 motoare și care trebue să-și mențină perfect sincronismul de funcționare.

Alegerea motorului de antrenare se face numai pe bază de calcule de rentabilitate, la baza cărora stau prețurile de investiție, pierderile de energie și costurile de întreținere.

Factorul hotărîtor sunt pierderile de energie. Acestea sunt de două feluri: pierderile normale oricărui motor, în funcție de randamentul acestuia și pierderile special create în rotor pentru reducerea turației.

Soluția cu motor asincron trifazic cu inele, din punct de vedere al investițiilor, exploatării și al randamentului normal, este mult mai avantajoasă decât celelalte.

Intervin însă pierderile suplimentare, datorite reglajului. După cum am arătat mai sus însă, funcționarea la turație redusă a cuptorului se utilizează numai la pornirea acestuia și accidental în cazul schimbării calităților chimice ale materie prime.

Stabilindu-se pierderile de energie prin reglaj al turației, se pot compara rezultatele între soluții, alegându-se cea mai economică.

In general, soluția cu motor cu colector devine rentabilă dacă orele de funcționare cu turație redusă depășesc 25% din totalul orelor. La cuptoarele mari, durata de funcționare a unei înzidiri este destul de lungă, așa încât foarte rar ele se echipează cu motor cu colector.

La cuptoarele mici și mai ales la fabricile lucrând cu procedeu uscat, se preferă motorul cu colector, atât din cauza duratei scurte a înzidirii, cât și din cauza greutății de a menține uniformitatea compoziției făinei de alimentare. Bineînțeles, în cazurile când dela construirea fabricii se știe că în carieră straturile de materii prime sunt neomogene, indiferent de lungimea cuptorului și de metoda de fabricație, se alege motorul cu colector. In asemenea condițiuni, mersul cuptorului și al aparatului de dozare trebue continuu reglat și acest reglaj se cere să fie foarte fin, lucru ușor realizabil printr'un servo-motor care mișcă periile motorului cu colector.

Motorul de antrenare al dozatorului de alimentare trebue să aibă neapărat turația reglabilă. Acest reglaj se obține prin utilizarea curentului continuu, printr'un grup generator-motor, ambii cu excitație independentă. Generatorul de curent continuu este antrenat chiar de către motorul de antrenare al cuptorului rotativ. Variația turației se face prin două reglaje distincte: un reglaj manual făcut de cocător dela platformă prin reostatul de excitație și un reglaj automat în funcție de variația vitezei motorului de antrenare al cuptorului rotativ, care antrenează și generatorul de curent continuu. Acest reglaj automat este foarte fin și totodată strict necesar bunei funcționări a alimentării cuptorului.

In fig. 4 se arată schema de principiu al sistemului de alimentare și dozare prin montajul generator-motor de curent continuu.

Alte mașini cu turația reglabilă mai sunt: ventilatorul de tiraj al cuptorului rotativ, răcitoarele de clinker și foarte rar unele benzi de transport. La aceste agregate, variația vitezei se face prin motor cu inele sau cu număr de poli variabil mai ales la benzile de transport. Funcționarea cu turație redusă a acestor mașini se face pe durate scurte și nu este indispensabilă. La instalațiile moderne, răcitoarele

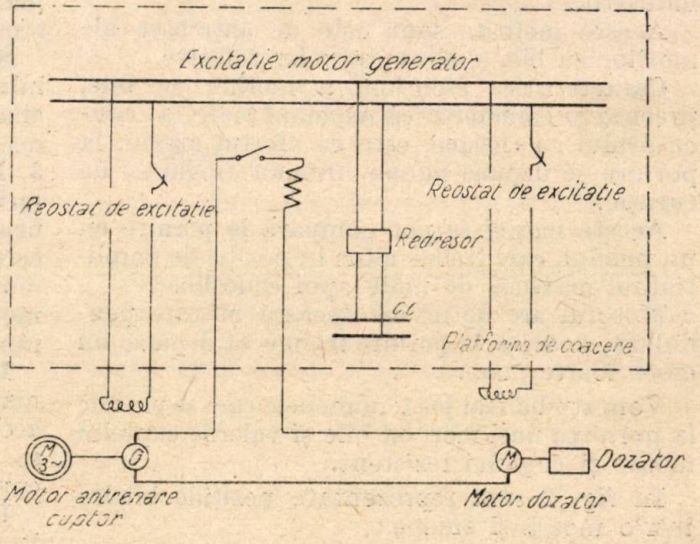


Fig. 4. Schema de principiu a grupului Leonard

fac corp comun cu cuptorul și asupra tirajului se acționează mai mult prin clapete decât prin viteza ventilatorului.

Problema factorului de putere joacă un rol foarte important în industria cimentului, întrucât acesta este scăzut, lucru normal într'o instalație cuprinzând multe motoare asincrone cu turații reduse și supradimensionate pentru a putea prelua șocuri.

Pentru îmbunătățirea factorului de putere, se utilizează metodele clasice cunoscute și anume:

a) compensatori rotativi;

b) baterii de condensatori;

c) motoare sincrone.

Compensarea factorului de putere la instalații alimentate numai pe joasă tensiune, se face aproape exclusiv la locul de utilizare, pentru a reduce astfel și secțiunea conductorilor de alimentare și a scădea pierderile în rețeaua de distribuție.

Uzual, compensarea se face numai la motoarele foarte mari și anume la motoarele de antrenare ale morilor, acestea reprezentând circa 60% din puterea instalată. La aceste motoare, cel mai utilizat sistem este compensatorul de fază rotativ, care debitează, prin periile și inelele motorului morii, curentul de compensare în rotor. Compensatorul este antrenat de un motor asincron de circa 4 kW și se prevede un blocaj electric pentru scoaterea lui din funcțiune în cazul opririi motorului morii.

Rotorul compensatorului se bobinează după tensiunea și curentul rotoric al motorului morii.

Compensarea poate fi reglată și se reușește să se ridice factorul de putere în întreaga instalație la 0,9...0,95.

La instalațiile cuprinzând motoare pe înaltă tensiune, problema reducerii secțiunii și a pierderilor în cabluri de alimentare nu se mai pune și se utilizează compensatori de fază debitând pe barele stației de transformare pentru a descărca transformatorii și linia de înaltă tensiune și totodată a reduce costul consumului de energie reactivă.

In aceste cazuri, se utilizează baterii de condensatori sau motoare sincrone supraexcitate.

In unele locuri, s'a experimentat și se utilizează motorul sincron ca motor de antrenare al agregatelor mari, în special al morilor.

Problema grea la aceste motoare, demararea, a fost rezolvată prin diferite metode, dintre care cele mai uzuale sunt următoarele două:

a) motorul sincron se aduce la sincronism în gol prin cuplarea lui cu un motor asincron. Apoi, printr'un angrenaj electromagnetic se cuplează axul motorului de axul morii. Cuplajul electromagnetic permite cuplarea foarte fină prin excitarea reglabilă a bobinelor electromagnetului;

b) motorul sincron are statorul mobil. Se pornește motorul cu rotorul calat, în sens invers rotirii normale a rotorului, până ajunge la sincronism și se branșează la rețea. Printr'un dispozitiv de frânare, rotația statorului se încetinește și rotorul pornește foarte încet. Turația la pornire fiind foarte mică, cuplul mare cerut de moară poate fi satisfăcut. Deși pericolul decroșării motorului la pornire este înlăturat prin viteza foarte redusă, totuși pentru a preîntâmpina decroșarea la o suprasarcină sau un șoc în timpul funcționării, motorul se supradimensionează cu cel puțin 25%.

Motoarele sincrone prezintă două mari avantaje față de cele asincrone și anume factorul de putere foarte bun, cu posibilitatea de a aduce prin supraexcitarea motorului întreaga instalație la un $\cos\varphi = 1$, precum și turația redusă, pentru care se pot construi, eliminându-se astfel reducătorul de viteză și cuplajul elastic. Totuși, prin faptul că pe de o parte sunt foarte scumpe în comparație cu cele asincrone, costul lor ajungând aproape la dublu, iar pe de altă parte întreținerea și manevrarea lor fiind mult mai grele și mai costisitoare, nu au reușit să se introducă în industria cimentului.

Deși primele încercări cu aceste motoare datează din 1927, până astăzi numărul fabricilor echipate cu asemenea motoare este foarte mic.

Până ce avantajele motorului sincron nu vor fi însoțite și de o scădere considerabilă a costului său, precum și de o manevrare mai puțin complicată, motorul asincron va rămâne motorul tip pentru antrenarea mașinilor mari din industria cimentului.

Din punct de vedere al construcției mecanice, motoarele electrice din fabricile de ciment, trebue să corespundă condițiilor specifice ale acestei industrii și anume: funcționare continuă, porniri grele, șocuri în timpul funcționării, temperatură ambiantă ridicată, mediu cu foarte mult praf și mai ales manevrări făcute de un personal fără calificare specială de electrician.

In consecință, motoarele trebue să fie foarte robuste, bine centrate, cu lagărele și fusurile foarte rezistente și să permită o manevrare și o întreținere ușoară.

In privința protecției contra prafului, deși pare nelogic, nu se iau la motoare precauțiuni speciale și se preferă motorul deschis sau protejat contra picăturilor, în locul motorului capsulat.

In adevăr, experiența a arătat că orice protecție împotriva prafului de ciment este iluzorie. Motorul capsulat, ermetic închis, pe lângă că este foarte scump, mai ales la puteri mari și temperatura mediului ambiant ridicată, nu este totuși perfect etanș la praful de ciment, acesta reușind să se infiltreze prin lagăre, când motorul scos din funcțiune începe să se răcească și aerul cald din interior — micșorându-și volumul — lucrează ca o pompă de vid, absorbind praful din mediul înconjurător.

S'au încercat și motoare închise, cu ventilație forțată, aerul fiind trecut printr'o serie de filtre. Nici aceste motoare nu au dat rezultate, întrucât — pe lângă prețul foarte ridicat al instalației — întreținerea filtrelor este extrem

de costisitoare şi de grea. S'a constatat că au fost mai multe ore de opriri din cauza defectelor la filtre decât din cauza defectelor produse de praf la motoare deschise.

Astfel, a rămas ca linie generală pentru toţi constructorii de motoare, ca pentru fabricile de ciment să livreze motoare deschise sau protejate, înlăturarea prafului urmând să se facă prin curăţirea periodică a agregatului. Curăţirea de praf a motoarelor se face prin suflare cu aer uscat. Dealtfel, praful de ciment nu are acţiuni nocive asupra bobinajului şi nu prezintă pericol de incendiu, astfel că dacă se împiedecă depunerea lui în cantităţi care ar stingheri răcirea motorului, problema prafului este rezolvată. Pentru mai multă siguranţă, se împiedecă lipirea prafului pe bobinaj, impregnând acesta cu lacuri speciale. Acest procedeu este foarte utilizat în Uniunea Sovietică.

Totuşi, în motoarele electrice există elemente foarte sensibile la praf, lagărele, care trebue executate cât se poate de etanşe şi care trebue să fie foarte bine întreţinute.

Tot ca o precauţiune în contra prafului la motoarele foarte mari, care ca regulă generală se construesc deschise, în toate fabricile de ciment acestea se montează într'o sală separată de hala morilor, fiind astfel mult mai puţin expuse prafului.

Astăzi, se mai utilizează motoare capsulate numai pentru puteri foarte mici şi numai pentru motoare aşezate în locuri greu accesibile, a căror revizie la intervale scurte este dificilă.

Aparatajul de pornire al motoarelor trebue să corespundă aceloraşi cerinţe grele de lucru ca şi motoarele. Se întrebuinţează aproape exclusiv aparatajul în ulei, iar la rezistenţele de reglaj al turaţiei, răcirea făcându-se în aer, numai controlerele sunt sub ulei.

Pentru echiparea cu motoare a noilor fabrici de ciment, tânăra noastră industrie electrotehnică a făcut eforturi considerabile şi — însuşindu-şi cu temei tehnica înaintată şi experienţa tehnicienilor sovietici — a reuşit să furnizeze fabricilor de ciment întreg echipamentul de motoare necesar.

In alegerea caracteristicilor motoarelor, proiectanţii fabricilor noi de ciment au ţinut seama de tipurile curente de fabricaţie ale industriei electrotehnice, pentru a reduce la maximum construcţii de motoare speciale. Gama puterilor s'a limitat la 11 puteri între 1,7 şi 480 kW, iar gama turaţiilor la 5 turaţii. In acest mod s'a obţinut ca în întreaga fabrică să nu fie mai mult de 17 tipuri de motoare, fapt care — pe lângă uşurarea industriei electrotehnice — mai prezintă şi marele avantaj că reduce numărul motoarelor de rezervă.

Motoarele până la 20 kW sunt toate în scurt circuit, iar cele peste 20 kW cu inele colectoare, cu excepţia motorului de antrenare al compresorului de 10 m³/minut, care, deşi are o putere de 80 kW, este în scurt circuit şi porneşte prin dispozitiv stea-triunghiu.

Unele motoare de tipuri curente a trebuit totuşi să fie adaptate necesităţilor fabricilor de ciment. Astfel, motorul de 14 kW, 1500 rot/min, care antrenează ventilatorul de desprăfuire al morii de ciment, a trebuit să fie executat cu două capete de ax, iar motorul de 100 kW, 1000 rot/min, care antrenează concasorul de piatră, s'a executat cu axul prelungit şi un al treilea lagăr.

Pentru antrenarea cuptorului rotativ şi al ventilatorului de tiraj, s'a construit un motor de 80 kW, 500 rot/min cu inele colectoare, pentru temperatura ambiantă de 65° Acest motor corespunde complet scopului, întrucât tipul de cuptor ales pentru fabricile noi funcţionează foarte puţin timp la turaţie redusă.

Cea mai importantă realizare a uzinelor noastre constructoare de maşini electrice, a fost motorul de 480 kW, 750 rot/min 500 V, care antrenează morile cu bile. Acest motor a fost proiectat şi executat într'un timp record, permiţând astfel punerea în funcţiune în termen a liniilor noi de ciment, lucru care ar fi fost irealizabil dacă aceste motoare s'ar fi prevăzut din import.

Toate motoarele livrate de industria electrotehnică se comportă excelent în funcţionare şi se poate afirma că în fabricile noi de ciment au avut de trecut un examen de calitate, pe care cu greu orice motor ar putea să-l treacă. Din cauza nevoii din ce în ce mai mari de ciment, fabricile noi au intrat şi intră în funcţiune imediat ce montajul unei linii este gata, şantierul continuând să funcţioneze pentru construirea celorlalte linii. Din acest motiv şi instalaţiile efectrice sunt în parte provizorii, iar exploatarea şi întreţinerea motoarelor este mult îngreuiată. Aparatele de protecţie şi măsură se distrug uşor în aceste condiţiuni, astfel ca funcţionarea motorului se bazează aproape numai pe buna calitate a acestuia.

Peste aceste condiţiuni de funcţionare nefavorabilă la una din fabricile de ciment, alimentată în perioada de pornire din aceeaşi reţea cu un mare şantier naţional, s'a adăugat şi o variaţia continuă a tensiunii în limite foarte mari, atingând pentru perioade chiar foarte lungi scăderi de 20%.

Cu tot acest regim de funcţionare anormal, motoarele electrice s'au comportat excelent şi defectările au fost aşa de puţine, încât nici nu merită a fi luate în consideraţie. Numărul de motoare defectate a fost proporţional cu mult mai mic decât numărul de motoare străine montate la fabricile vechi, scoase din funcţiune în aceeaşi perioadă.

Şi alegerea puterilor şi a turaţiilor a fost judicioasă, lucru care a fost verificat prin măsurarea puterii simultane cerută şi a factorului de putere.

Puterea de vârf este sub indicii uzuali, iar factorul de putere, fără compensatori de fază, este cuprins între 0,78...0,8, cifră foarte bună pentru industria cimentului.

In cursul lunii August 1952, la mai puțin de doi ani dela livrarea motorului de 480 kW, 500 V, s'a pus în funcțiune o nouă realizare a industriei electrotehnice, motorul de 500 kW, 6 kV. Probele la platformă ale acestui motor au fost excelente.

Muncitorii, tehnicienii și inginerii din uzinele constructoare de motoare electrice, și-au făcut datoria, livrând în termen și chiar înainte de termen, fabricilor noi de ciment, motoare de o calitate excepțională. Rămâne ca datoria de onoare a muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor din fabricile de ciment, să îngrijească cu dragoste aceste motoare și să le utilizeze la maximum, pentru a produce cât mai mult ciment, pentru îndeplinirea planului cincinal în patru ani, pentru a ajuta întreg poporul muncitor în lupta pentru construirea socialismului, în lupta pentru Pace.

Bibliografie

Trop A. E.: Utilaj electric al fabricei de brichetare, Moscova 1951.
Popov B. K.: Comanda electrică, Moscova, 1946.
Poganov A. I.: Utilajul mecanic al fabricilor de ciment, Moscova, 1949.
Revista „Țement" nr. 2 (1948) și 5 (1951).

★

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ НА ЦЕМЕНТНЫХ ЗАВОДАХ

Резюме

Настоящая статья рассматривает двигатели используемые на цементных заводах, описывая специальные условия этой промышленности в зависимости от технологического процесса и рабочего режима. Также, в статье указывается какими двигателями были оборудованы новые цементные заводы и полученные до сего времени результаты.

[illegible] 1742 bHF 10/53

RECALCULAREA MOTOARELOR ELECTRICE DE CURENT ALTERNATIV CU ROTORUL IN SCURTCIRCUIT

Ing. P. COLUMBEANU

In articol se indică metoda de calcul practică pentru determinarea elementelor de bobinare, pe baza elementelor constructive ale mașinii, ale elementelor dorite și ale unor valori care se vor lua arbitrar, fie din tabele, fie pe bază de experiență.

In atelierele de reparat mașini electrice se pune adeseori problema recalculării electromotoarelor de curent alternativ cu rotorul în scurtcircuit, cărora fie că nu li se mai cunosc datele inițiale, sau este necesar a fi rebobinate pentru alte date decât au fost construite de către fabrică.

Vom lua cazul cel mai general. Tehnicianul nu dispune decât de fierul magnetic al motorului, stator și rotor, motorul nemai având nici eticheta, nici bobinajul, deci neexistând nici o dată asupra puterii motorului.

Fierul magnetic ne furnizează următoarele elemente constructive: D — diametrul statorului în cm; L — lungimea statorului în cm (fără canalele de răcire); N — numărul crestăturilor statorului; S — secțiunea brută a unei crestături în mm².

După rebobinare motorul va trebui să funcționeze la o tensiune U_1 în V, de o frecvență f în Hz și va trebui să aibă o turație n, exprimată în rot/min. Puterea utilă la arbore va rezulta din dimensiunea sârmei cu care se va bobina și va reieși în decursul calculului.

Pentru a rebobina motorul, este necesar a se stabili trei importante date constructive: numărul de spire în crestătură, dimensiunea sârmei și schema de bobinaj.

a) *Determinarea numărului de spire în crestătură.* Se pleacă dela două relații fundamentale din teoria mașinilor electrice.

Forța electromotoare pe fază, E_1, într'un motor electric de curent alternativ este dată de formula:

$$E_1 = 4 \cdot f_B \cdot f \cdot N_1 \cdot G \cdot \Phi_i \cdot 10^{-8} \text{ V} \qquad (1)$$

unde:

f_B — factorul de formă al undei câmpului de inducțiune;
f — frecvența, în perioade pe secundă sau Hz;
N_1 — numărul de spire pe fază;
G — factor de înfășurare;
Φ_i — fluxul în întrefer în maxwell.

Fluxul în întrefer este dat de formula:

$$\Phi_i = \alpha_i \cdot \tau_p \cdot L \cdot B_i \text{ maxwell} \qquad (2)$$

unde:

α_i — un factor care depinde de saturația fierului;
τ_p — pasul polar, în cm;
L — lungimea crestăturii statorului, în cm;
B_i — inducția în gauss.

Introducând valoarea Φ_i din (2) în (1), se obține:

$$E_1 = 4 \cdot f_B \cdot f \cdot N_1 \cdot G \cdot \alpha_i \cdot \tau_p \cdot L \cdot B_i \cdot 10^{-8} \text{ V} \qquad (3)$$

De unde rezultă numărul de spire pe fază N_1:

$$N_1 = \frac{E_1 \cdot 10^8}{4 \cdot f_B \cdot f \cdot G \cdot \alpha_i \cdot \tau_p \ L \cdot B_i} \qquad (4)$$

Valorile N_1, E_1, τ_p au mai mult o importanţă teoretică, practic însă se lucrează cu:

n_1 — numărul de spire în serie pe crestătură în loc de N_1;

U_1 — tensiunea aplicată la bornele motorului, pe fază în loc de E_1;

D — diametrul interior al statorului în cm în loc de τ_p.

Între N_1 şi n_1 există relaţia:

$$2 \cdot m \cdot N_1 = N \cdot n_1, \qquad (5)$$

unde:

m — numărul fazelor;

N — numărul crestăturilor.

Forţa electromotoare indusă E_1 este inferioară faţă de tensiunea aplicată U_1, cu căderea de tensiune cauzată de fluxul de dispersiune. Adică:

$$E_1 = U_1 - I_\mu x_1 = U_1 \left(1 - \frac{I_\mu \cdot x_1}{U_1} \right) =$$

$$= U_1 \frac{1}{1+\tau_1} = U_1 c,$$

unde:

I_μ — curentul de magnetizare în A;

x_1 — reactanţa de dispersiune a statorului, în ohm;

τ_1 — factor de dispersiune primară.

Deci:

$$E_1 = c \cdot U_1. \qquad (6)$$

Între τ_p şi D există relaţia:

$$\tau_p = \frac{\pi \cdot D}{2p}, \qquad (7)$$

unde:

p — numărul perechilor de poli, rezultat din turaţia de sincronism.

Introducând pe N_1 din (5), E_1 din (6), τ_p din (7) în (4), rezultă numărul de spire în serie pe crestătură n_1.

$$n_1 = \frac{m \cdot p \cdot c \cdot U_1 \cdot 10^8}{f_B \cdot fG \cdot \alpha_i \cdot \pi \cdot B_i \cdot D \cdot L \cdot N}. \qquad (8)$$

Formula (8) este formula generală pentru calculul lui n_1. Numerele m, U_1, f, D, L, N sunt date direct de caracteristicele reţelei şi a motorului care se va rebobina.

Numărul perechilor de poli p rezultă din turaţia de sincronism după relaţia:

$$p = \frac{60 \cdot f}{n}, \qquad (9)$$

unde:

n — numărul de rot/min, corespunzător vitezei de sincronism.

Pentru frecvenţa obişnuită de 50 Hz, p se ia din tabela 1:

Tabela 1

n	3000	1500	1000	750	600	500	428	375	333	300
p	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Factorul $c = \frac{1}{1+\tau_1}$ are în funcţie de numărul perechilor de poli, valorile din tabela 2:

Tabela 2

p	2	4	8	12	16	20
$\frac{1}{1+\tau_1}$	0,98	0,97	0,952	0,938	0,923	0,91

In general se poate lua $c = 0{,}97$ pentru motoarele până la 500 rot/min.

Factorii f_B şi α_i, care depind de saturaţia fierului, au în cazul cel mai frecvent de saturaţie a fierului, următoarele valori cu care se recomandă să se lucreze:

$$f_B = 1{,}095 \quad \text{şi} \quad \alpha_i = 0{,}68.$$

Factorul de înfăşurare G variază cu numărul crestăturilor, pe pol şi fază q (tabela 3):

Tabela 3

q	2	3	4	5	6
G	0,966	0,960	0,958	0,957	0,956

Se recomandă să se lucreze în general cu $G = 0{,}96$.

Inducţia în întrefer B_i, variază cu mărimea pasului polar şi cu numărul de perechi de poli ca în tabela 4:

Tabela 4

τ_p	10	20	40	80	cm
$p=1$	5650	6000	6350	6700	gauss
$p=2$	6250	6500	6750	7000	gauss
$p=3$	6750	7000	7250	7500	gauss
$p=4$	7600	7800	8000	8200	gauss

B_i se ia în general între 5000 şi 6000 gauss pentru motoarele până la 30 CP.

Dacă la motorul care se rebobinează se cunosc vechile caracteristici, inclusiv numărul de spire, se poate deduce cu aproximaţie inducţia folo-

sită de constructor, folosind formula (10) dedusă din (8):

$$B_i = \frac{m \cdot p \cdot c \cdot U_1 \cdot 10^8}{f_B \cdot f \cdot G \cdot \alpha_i \cdot \pi \cdot n_1 \cdot D \cdot L \cdot N} \text{ gauss.} \qquad (10)$$

Ajunşi aici, suntem în posesia tuturor elementelor cuprinse în formula (8), deci se poate calcula n_1.

Pentru un calcul mai sumar dar mai rapid, formula (8) se poate simplifica punând-o sub forma:

$$n_1 = \frac{m \cdot c \cdot 1 \cdot 10^8}{f_B \cdot f \cdot G \cdot \alpha_i \cdot \pi \cdot B_i} \cdot \frac{p \cdot U_1}{D \cdot L \cdot N} = K \frac{p \cdot U_1}{D \cdot L \cdot N} \qquad (11)$$

unde:

$$K = \frac{m \cdot c \cdot 10^8}{f_B \cdot f \cdot G \cdot \alpha_i \cdot \pi \cdot B_i}. \qquad (11')$$

Exemple.

1. In curent trifazic ($m = 3$), la frecvenţa industrială obişnuită ($f = 50$ Hz) şi luând următoarele valori medii:
$C = 0{,}97$; $f_B = 1{,}095$; $G = 0{,}96$; $\alpha_1 = 0{,}68$, K şi n_1 se pot lua din tabela 5, în funcţie de inducţia B_i adoptată:

Tabela 5

B_i gauss	5000	5500	6000	6500
K	516	469	431	397
n_1 spire	$516\frac{pU_1}{DLN}$	$469\frac{pU_1}{DLN}$	$431\frac{pU_1}{DLN}$	$397\frac{pU_1}{DLN}$

2. In curent monofazat ($m = 1$), la frecvenţa industrială obişnuită ($f = 50$ Hz), factorii c, f_B, α_i îşi păstrează aceleaşi valori; numai factorul de înfăşurare are altă valoare şi anume $G = 0{,}83$. Pentru aceste valori şi ţinând seamă că faza principală ocupă 2/3 din crestături, K se calculează cu formula:

$$K = \frac{1 \cdot 0{,}97 \cdot 10^8 \cdot 1{,}5}{1{,}095 \cdot 50 \cdot 0{,}83 \cdot 0{,}68 \cdot \pi \cdot B_i}. \qquad (12)$$

In funcţie de B_i, K şi n, se pot calcula din tabela 6:

Tabela 6

B_i gauss	5000	5500	6000	6500
K	298	271	250	299
n_1 spire	$298\frac{pU_1}{DLN}$	$271\frac{pU_1}{DLN}$	$250\frac{pU_1}{DLN}$	$229\frac{pU_1}{DLN}$

Pentru alte frecvenţe f, coeficientul K se multiplică în raportul 50, factorii ceilalţi nefiind decât puţin diferiţi. Numărul de spire al fazei auxiliare se ia în general jumătate din numărul de spire al fazei principale de lucru.

b) Determinarea diametrului sârmei de bobinaj

Se calculează secţiunea brută s a unei crestături prin măsurarea directă a dimensiunilor crestăturii şi aplicând pentru moment un factor de umplere $\beta = 0{,}3$, se deduce secţiunea utilă a crestăturii:

$$S_u = \beta \cdot S \text{ mm}^2. \qquad (13)$$

secţiunea unei spire va fi:

$$s = \frac{S_u}{n_1} \text{ mm}^2, \qquad (14)$$

de unde se determină diametrul sârmei blanc, d mm.

Dacă se constată că diferenţa dintre factorul de umplere provizoriu $\beta = 0{,}3$ şi factorul de umplere care corespunde în tabela 7 diametrului d, astfel aflat, este mare, se reface calculul aplicând un factor de umplere mai apropiat.

Valorile indicate în tabela 7 pentru factorul de umplere sunt valabile pentru motoare până la 500 V:

Tabela 7

d mm	β	d mm	β
0,15	0,14 ...0,15	1,30	0,264...0,27
0,20	0,15 ...0,16	1,40	0,278...0,28
0,30	0,16 ...0,17	1,50	0,282...0,29
0,40	0,17. ..0,18	1,60	0,29 ...0,30
0,50	0,184...0,19	1,70	0,298...0,31
0,60	0,198...0,2	1,80	0,30 ...0,32
0,70	0,2 ...0,22	1,90	0,31 ...0,33
0,80	0,22 ...0,23	2	0,32 ...0,34
0,90	0,225...0,23	2,20	0,33 ...0,35
1	0,23 ...0,24	2,40	0,33 ...0,35
1,10	0,24 ...0,25	2,60	0,33 ...0,36
1,20	0,25 ...0,26	—	

Cunoscând secţiunea sârmei, se calculează curentul de lucru al motorului:

$$I = s \cdot \delta \text{ A}, \qquad (15)$$

unde:

δ — densitatea de curent în A/mm²; δ se ia 4...5 A/mm².

Puterea motorului va fi:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ W}. \qquad (16)$$

La motoarele monofazice cu fază auxiliară, pentru sârma cu care se bobinează această fază, se ia acelaşi diametru; ţinând seama că numărul de spire al fazei auxiliare este 1/2 din numărul de spire al fazei de lucru, rezultă că puterea unui motor monofazic va fi 2/3 din puterea unui motor trifazic cu aceleaşi caracteristici.

c) *Alegerea schemei de bobinaj.* Alegerea schemei de bobinaj este influenţată în primul rând de: numărul crestăturilor, numărul polilor, numărul fazelor; între aceşti trei factori existând relaţia:

$$q = \frac{N}{2p \cdot m}$$

unde q este numărul de crestături pe pol şi fază. Dar acest număr poate fi întreg sau frac-

ţionar, iar schema de bobinaj mai uşor sau mai greu de executat.

Tabela 8

Numărul de crestături stator N	Tipul schemei de bobinaj posibil cu q întreg (i) sau q fracţionar (f)					
	3000 rot/min 2 poli	1500 rot/min 4 poli	1000 rot/min 6 poli	750 rot/min 8 poli	600 rot/min 10 poli	500 rot/min 12 poli
12	i	i	—	—	—	—
18	i	f	i	—	—	—
24	i	i	f	i	—	—
30	i	f	f	f	i	—
36	i	i	i	f	f	i
42	i	f	f	f	f	f
48	i	i	f	i	f	f
54	i	f	i	f	f	f
60	i	i	f	f	i	f
66	i	f	f	f	f	f
72	i	i	i	i	f	i
78	i	f	f	f	f	f
84	i	i	f	f	f	f
90	i	f	i	f	i	f
96	i	i	f	i	f	f

In tabela 8 sunt arătate pentru o serie din numerele mai uzuale de crestături, ce fel de scheme de bobinaj corespund pentru diferite turaţii : cu număr întreg sau fracţionar de crestături pe pol şi fază.

Dacă apare un stator cu alt număr de crestături decât cele din tablou, adică $N \neq$ multiplu de 6, crestăturile care depăşesc cel mai mare multiplu de 6 care intră în N, nu se vor bobina ; schema de bobinaj se va încadra tot în cuprinsul tabelei 8.

De fapt, soluţia q întreg sau fracţionar, este impusă pe de o parte de numărul de crestături existent al fierului, care nu se mai poate modifica şi, pe de altă parte, de necesitatea de a obţine o anumită turaţie, deci de a avea un anumit număr de poli. De aceea, va trebui dată o mare atenţie la alegerea tipului de bobinaj : bobinaj cu un singur strat cu bobine separate sau cu bobine ţesute (lanţ, trapez), bobinaj cu două straturi, bobinaj cu pas diametral sau cu pas scurtat.

Analiza considerentelor tehnico-economice care servesc la această alegere (economie de cupru, economie de manoperă, factor de putere ridicat, curbă de tensiune cât mai sinusoidală, posibilitatea de a avea rebuturi în cazul unei scheme de bobinaj mai dificile etc.) nu intră în cadrul subiectului de faţă, această problemă fiind tratată pe larg în cărţile de specialitate.

★

ПЕРЕСЧЕТ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Резюме

В статье приводится практический метод рассчёта обмоточных данных, на основании конструктивных элементов машины, желанных элементов и некоторых произвольных значений взятых либо по таблицам, либо на основании опыта.

INELE AMORTIZOARE PRIN CURENŢI FOUCAULT LA MOTOARELE DE CURENT CONTINUU

Ing. T. MANCIU

In acest articol, autorul propune folosirea la motoarele de tracţiune tip serie de curent continuu, a unor inele amortizoare prin curenţi foucault, pentru a combate loviturile de cuplu, din perioada pornirii. Bazat pe rezultatele obţinute din studiul teoretic al circuitului echivalent, în regim tranzitoriu, se arată ameliorarea ce se obţine în pornirea unui motor prevăzut cu asemenea inele amortizoare.

Ne propunem a arăta pe scurt bazele teoretice ale unei perfecţionări constructive a motorului de curent continuu de tracţiune tip serie, în scopul ameliorării pornirii sale.

Problema pusă este reducerea loviturilor de cuplu motor din perioada tranzitorie a pornirii.

Se ştie că pornirea motoarelor de curent continuu se face în mod progresiv cu ajutorul unui reostat cu trepte.

Dar la prima treaptă şi între trepte, curentul variază prin salturi, iar cuplul motor creşte brusc, producând smucituri. Aceste lovituri de curent nu sunt atenuate decât de selfinductanţa motorului şi eventual a circuitului, care au însă valori limitate.

Teoretic şi schematizat, pornirea şi regimul tranzitoriu al motorului se pot reprezenta prin diagrama din fig. 1.

I_M şi I_m ar fi limitele maxime şi minime ale curentului de pornire şi fie ca să fixăm ideile, 1″ timpul de menţinere a unei trepte de reostat şi circa 0,1″ perioada tranzitorie.

Precum se vede din fig. 1, creşterea bruscă a curentului şi deci a cuplului motor dă şocuri care sunt supărătoare pentru un vehicul, sporesc uzura angrenajelor, provoacă obosirea materialelor şi sunt o cauză a defectelor de „sec-

ţiune la colector a induiţilor". Dacă analizăm cuplul motor, constatăm că el depinde de doi factori : curentul maşinii şi fluxul inductor.

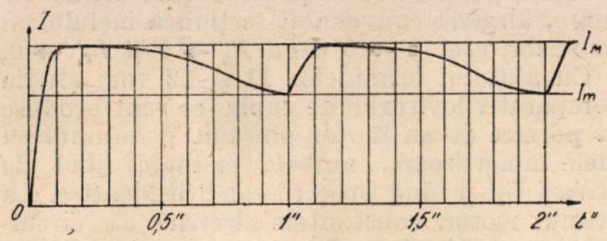


Fig. 1

Atenuarea loviturilor de cuplu prin acţionare asupra curentului este incomodă.

Se poate mări numărul treptelor reostatului de pornire, sau se poate introduce un self foarte puternic în circuit, dar cu preţul altor desavantaje.

Mai există posibilitatea de a acţiona asupra fluxului inductor. Aceasta se poate face prin următoarea modificare constructivă a motorului electric de tracţiune de curent continuu (de tipul serie) :

Introducerea unei spire în scurtcircuit, aşezată pe polii motorului, care să întârzie stabilirea fluxului, micşorându-l în perioada tranzitorie. Un rezultat aproape echivalent s'ar putea obţine folosind poli masivi care ar juca acelaşi rol.

Intârzierea fluxului se explică fizic astfel : In momentul lansării curentului şi apariţiei fluxului în circuitul magnetic al motorului, se induce în spiră — inel de aramă de secţiune mare — un curent foarte puternic, ce va da naştere unui flux de reacţie, în opoziţie cu fluxul polilor, care va fi deci micşorat în această perioadă tranzitorie.

Fluxul rezultant în motor stabilindu-se lent, loviturile de cuplu la pornire vor fi atenuate.

Această explicaţie fizică se traduce matematic precum urmează :

Circuitul unui motor se poate reprezenta prin schema electrică echivalentă generală din fig. 2.

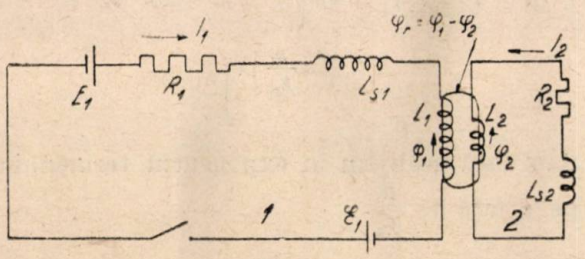


Fig. 2

Circuitul motorului este *1*, iar *2* este spira în scurt-circuit. Inductanţele cuplate ale celor 2 circuite — primar şi secundar — sunt numai L_1 şi L_2. Ecuaţiile acestui sistem în regim tranzitoriu sunt :

$$\begin{cases} E_1 - R_1 I_1 - L_{s1}\dfrac{dI_1}{dt} - n_1\dfrac{d\varphi_r}{dt} = 0 & (1) \\ -n_2\dfrac{d\varphi_r}{dt} + R_2 I_2 + L_{s_2}\dfrac{dI_2}{dt} = 0 & (2) \\ \varphi_r = \varphi_1 - \varphi_2 = \dfrac{L_1 I_1}{n_1} - \dfrac{L_2 I_2}{n_2} & (3) \end{cases}$$

La închiderea circuitului, soluţiile acestui sistem diferenţial sunt următoarele :

$$I_1 = \frac{E_1}{R_1}\left\{1 - \frac{e^{r_1 t}[(R_2 L_1' - R_1 L_2') + \sqrt{A}] - e^{r_2 t}[(R_2 L_1' - R_1 L_2') - \sqrt{A}]}{2\sqrt{A}}\right\} \quad (4)$$

$$I_2 = \frac{n_2}{n_1}\cdot\frac{L_1 E_1 (e^{r_1 t} - e^{r_2 t})}{\sqrt{A}} \quad (5)$$

$$\varphi_{rez} = \frac{L_1 E_1}{n_1 R_1}\left\{1 - \frac{e^{r_1 t}[R_2 L_1' + R_1(L_2' - 2L_{s2}) + \sqrt{A}] - e^{r_2 t}[R_2 L_1' + R_1(L_2' - 2L_{s2}) - \sqrt{A}]}{2\sqrt{A}}\right. \quad (6)$$

în care :

$$L_1' = L_1 + L_{s_1} \text{ şi } L_2' = L_2 + L_{s_2}$$

$$\sqrt{A} = \sqrt{(R_2 L_1' - R_1 L_2')^2 + L_1 R_1 R_2 L_1 L_2} \quad (7)$$

$$r_1,\ r_2 = \frac{-(R_2 L_1' - R_1 L_2') \pm \sqrt{A}}{2(L_1' L_2' - L_1 L_2)} \quad (8)$$

Soluţiile valabile pentru circuitul general se simplifică mult în cazul particular de care ne ocupăm.

Aici E_1 este tensiunea de serviciu, iar Σ_1 este forţa contraelectromotoare de care deocamdată nu se ţine seama, motorul pornind din repaos.

R_1 este rezistenţa totală a motorului, plus prima treaptă a reostatului de pornire, L_{s1} este inductanţa externă din restul circuitului, iar L_1 este inductanţa polilor, cuplată cu inductanţa L_2 a spirei amortizoare.

Pentru o spiră masivă de aramă se poate admite că $R_2 \approx 0$, iar L_{s2} — inductanţa ei de scăpări (sau necuplată) este deasemenea nulă $L_{s2} \approx 0$ şi deci $L_2' \cong L_2$.

Cu aceasta formulele 4, 5, 6, 7, şi 8 se simplifică astfel :

$$\sqrt{A} \text{ devine } \sqrt{A} \cong \sqrt{(-R_1 L_2')^2} \cong R_1 L_2' \quad (9)$$

$$r_1 \text{ devine } r_1 \cong \frac{-R_1 L_2' + R_1 L_2'}{2(L_1' L_2' - L_1 L_2)} \approx -\varepsilon \to 0 \quad (10)$$

unde convenim a nota cu ε o cantitate foarte mică ce tinde spre 0 când R_2 şi L_{s2} ar fi riguros nule.

r_2 devine $r_2 \simeq \frac{-R_1L_2' - R_1L_2'}{2(L_1'L_2' - L_1L_2)} \simeq \frac{-R_1}{L_1' - L_1} \simeq \frac{-R_1}{L_{s1}}$ (10')

Se vede că rădăcina r_1, având o valoare negativă foarte mică, produce o amortizare extrem de înceată a exponențialei, pe când r_2 are o valoare negativă mare, corespunzând numai inductanței de scăpări L_{s1} și produce o amortizare rapidă.

I_1 devine :

$$I_1 \simeq \frac{E_1}{R_1}\left\{1 - \frac{e^{-\varepsilon t}\left[-R_1L_2' + R_1L_2'\right] - e^{-\frac{R_1}{L_{s_1}}}\left[-R_1L_2 - R_1L_2'\right]}{2R_1L_2'}\right\}$$

$$I_1 \simeq \frac{E_1}{R_1}\left\{1 - \frac{2R_1L_2'\, e^{-\frac{R_1}{L_{s_1}}t}}{2R_1L_2'}\right\} \simeq \frac{E_1}{R_1}\left(1 - e^{-\frac{R_1}{L_{s_1}}t}\right) \quad (11)$$

Se vede că amortizarea curentului principal I_1 este rapidă, corespunzând numai inductanței de scăpări L_{s1}.

Rezultă că introducerea inelului de aramă amortizor cauzează o antiinductare a circuitului primar.

$$I_2 \text{ devine } I_2 \simeq \frac{n_2}{n_1} \cdot L_1 \cdot E_1 \cdot \frac{\left(e^{-\varepsilon t} - e^{-\frac{R_1 t}{L_{s_1}}}\right)}{R_1L_2'} =$$

$$I_2 \sim \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{E_1}{R_1} \cdot \frac{n_1^2}{n_2^2}\left(e^{-\varepsilon t} - e^{-\frac{R_1 t}{L_{s_1}}}\right) \simeq$$

$$\simeq \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{E_1}{R_2}\left(e^{-\varepsilon t} - e^{-\frac{R_1 t}{L_{s_1}}}\right)$$

Amortizarea curentului I_2 este foarte înceată, deoarece $\varepsilon \approx 0$.

Fluxul rezultant în circuitul magnetic al polilor (în perioada tranzitorie) φ_{rez} devine :

$$\varphi_{rez} \simeq \frac{L_1}{n_1} \cdot \frac{E_1}{R_1}\left\{1 - \frac{e^{-\varepsilon t}\left[R_1L_2' + R_1L_2'\right] - e^{-\frac{R_1 t}{L_{s_1}}}\left[R_1L_2' - R_1L_2'\right]}{2R_1L_2'}\right\} =$$

$$= \varphi_{rez} \simeq \frac{L_1}{n_1} \cdot \frac{E_1}{R_1}\left(1 - e^{-\varepsilon t}\right) \quad (12)$$

Se vede că amortizarea fluxului rezultant este foarte înceată, deci el se stabilește lent, ceeace se propune a se demonstra.

In concluzie, introducerea inelului amortizor pe polii inductori are 2 efecte : *a*) produce o antiinductare a polilor anulându-le aparent selfinductanța L_1, ceeace nu este de dorit, deoarece curentul I_1 nu mai are decât amortizarea produsă de selful din restul circuitului L_{s_1} și *b*) produce o puternică întârziere în stabilirea fluxului motorului, ceeace se urmărea.

Această întârziere se poate obține oricât de mare, alegând convenabil secțiunea inelului amortizor, căci $\varepsilon \to 0$ când $R_2 \to 0$ și $L_{s_2} \to 0$.

Cu ajutorul formulelor 11 și 12 vom studia comparativ loviturile de cuplu ce sunt produse la pornire de un motor obișnuit și de unul cu inele amortizoare, ambele motoare fiind de același tip și fiind puse în condiții identice. La primul motor, constantele electrice ale circuitului sunt $L' = L_1 + L_{s1}$ și R_1, care înglobează și reostatul de pornire.

La al doilea motor avem tot constantele R_1, $L_1' = L_1 + L_{s1}$, iar pentru inelele amortizoare avem L_2, $L_{s2} \approx 0$, $R_2 \approx 0$.

Tensiunea de serviciu E_1 este aceeași. Vom urmări variația cuplurilor motoare în perioadele tranzitorii ale treptelor de pornire și cresterile lor, care măsoară mărimea șocurilor mecanice.

A. *Cazul trecerii motoarelor din repaos în mers.*

Pentru primul motor avem evident :

$$I_1 = \frac{E_1}{R_1}\left(1 - e^{-\frac{R_1}{L_1'}t}\right); \varphi = \frac{L_1}{n_1} I_1 =$$

$$= \frac{L_1}{n_1}\frac{E_1}{R_1}\left(1 - e^{-\frac{R_1}{L_1'}t}\right)$$

Iar cuplul motor

$$M = C^t \cdot \varphi \cdot I_1 = C^t \cdot \left(1 - 2e^{-\frac{R_1}{L_1'}t} + e^{-\frac{2R_1 t}{L_1'}}\right) \quad (13)$$

Pentru motorul al doilea avem (formulele 11 și 12) :

$$I_1 \simeq \frac{E_1}{R_1}\left(1 - e^{-\frac{R_1}{L_{s_1}}t}\right); \varphi_{rez} = \frac{L_1}{n_1} \cdot \frac{E_1}{R_1}\left(1 - e^{-\varepsilon t}\right)$$

Deci cuplul motor în perioada tranzitorie este :

$$M = C^t \varphi_{rez} I_1 = C^t\left(1 - e^{-\varepsilon t} - e^{-\frac{R_1}{L_{s_1}}t} + e^{-\left(\varepsilon t \frac{R_1}{L_{s_1}}\right)t}\right)$$

Sau dacă neglijăm în exponentul termenului 4 pe ε față de $\frac{R_1}{L_{s1}}$

$$M = C^t(1 - e^{-\varepsilon t}) \quad (14)$$

Pentru ambele motoare constanta C^t are evident aceeași valoare.

Având ecuațiile 13 și 14, care dau variația în timp a cuplurilor, să comparăm cresterile lor unitare, ce măsoară loviturile de efort — șocurile.

Pentru primul motor:

$$\frac{d}{dt}M = C^t\left(2\frac{R_1}{L_1'}e^{-\frac{R_1}{L_1'}t} - 2\frac{R_1}{L_1'}e^{-\frac{R_1}{L_1'}t}\right) =$$

$$\frac{d}{dt}M = 2\frac{R_1}{L_1'}\cdot C^t\cdot e^{-\frac{R_1}{L_1'}t}\left(1-e^{-\frac{R_1}{L_1'}t}\right) \qquad (15)$$

Maximul acestei derivate are loc atunci când cei doi factori, a căror sumă este constantă, sunt egali

$$e^{-\frac{R_1}{L_1'}t} = 1 - e^{-\frac{R_1}{L_1'}t} = \frac{1}{2}$$

Atunci

$$\left(\frac{d}{dt}M\right)_{max} = 2\cdot\frac{R_1}{L_1'}\cdot C^t\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2} = \frac{C^t R_1}{2L_1'} \qquad (15')$$

Această valoare este mare, rezistența R_1 fiind mare (prima treaptă a reostatului) iar inductanța redusă.

Lovitura de cuplu este considerabilă.

Pentru al doilea motor:

$$\frac{d}{dt}M = -C^t\cdot\varepsilon\cdot e^{-\varepsilon t} \qquad (16)$$

Această derivată fiind foarte mică ($E \approx 0$) înseamnă că, pentru motorul cu inele amortizoare, lovitura de cuplu este perfect amortizată.

Ceeace trebuia demonstrat.

B. *Cazul trecerii reostatului de pornire dela o valoare la alta, motoarele fiind în mers.*

Aici tensiunea aplicabilă este micșorată de forța electromotoare $E_1' = E_1 - \Sigma_1$, iar R_1 devine $R_1 - \Delta R_1 = R_1'$.

Pentru primul motor se știe din teorie că avem:

$$I_1 = \frac{E_1'}{R_1'}\left(1 - \frac{\Delta R_1}{R_1}e^{-\frac{R_1' t}{L_1'}}\right) \qquad (17)$$

și

$$\varphi = \frac{L_1}{n_1}I_1 = \frac{E_1'}{R_1'}\cdot\frac{L_1}{n_1}\left(1 - \frac{\Delta R_1}{R_1}e^{-\frac{R_1'}{L_1'}t}\right) \qquad (18)$$

Cuplul motor devine

$$M = C^t\cdot\varphi\cdot I = \frac{C^t}{(R_2')^2}\left[1 - 2\frac{\Delta R_1}{R_1}e^{-\frac{R_1'}{L_1'}t} + \left(\frac{\Delta R_1}{R_1}\right)^2 e^{-2\frac{R_1'}{L_1'}t}\right] \qquad (19)$$

— Pentru al doilea motor.

Asemănător cu ecuațiile 11, 12 și 17, 18, avem în acest caz:

$$I_1 = \frac{E_1'}{R_1'}\left(1 - \frac{\Delta R_1}{R_1}e^{-\frac{R_1'}{L_{s1}}t}\right) \qquad (20)$$

$$\varphi_{rez} = \frac{L_1}{n_1}\frac{E_1}{R_1'}\left(1 - \frac{\Delta R_1}{R_1}e^{-\varepsilon t}\right) \qquad (21)$$

(În ipoteza că întârzierea fluxului datorită primei stabiliri s'a terminat). Cuplul motor devine:

$$M = C^t\cdot\varphi\cdot I = \frac{C^t}{(R_1')^2}\left[1 - \frac{\Delta R_1}{R_1}e^{-\varepsilon t} - \frac{\Delta R_1}{R_1}e^{-\frac{R_1'}{L_{s1}}t} + \left(\frac{\Delta R_1}{R_1}\right)^2 e^{-\left(\varepsilon t\frac{R_1'}{L_{s1}}\right)t}\right]$$

Dacă neglijăm pe ε față de $\frac{R_1'}{L_{s1}}$ în exponent la al patrulea termen, obținem:

$$M = \frac{C^t}{(R_1')^2}\left[1 - \frac{\Delta R_1}{R_1}e^{\varepsilon t} - \frac{\Delta R_1}{R_1}e^{-\frac{R_1'}{L_{s1}}} + \left(\frac{\Delta R_1}{R_1}\right)^2 e^{-\frac{R_1'}{L_{s1}}t}\right] \qquad (22)$$

Având ecuațiile cuplurilor 19 și 22, să calculăm creșterile lor unitare.

Pentru primul motor:

$$\frac{d}{dt}M = \frac{C^t}{(R_1')^2}\left[+2\frac{\Delta R_1}{R_1}\frac{R_1'}{L}e^{-\frac{R_1'}{L_1'}t} - 2\frac{R_1'}{L_1'}\left(\frac{\Delta R_1}{R_1}\right)^2 e^{-2\frac{R_1'}{L_1'}t}\right] =$$

$$\frac{d}{dt}M = \frac{2C^t}{R_1'L_1'}\cdot\frac{\Delta R_1}{R_1}e^{-\frac{R_1'}{L_1'}t}\left(1 - \frac{\Delta R_1}{R_1}e^{-\frac{R_1'}{L_1'}t}\right) \qquad (23)$$

Maximul acestei derivate a cuplului are loc când cei doi factori vor fi egali.

$$\frac{\Delta R_1}{R_1}e^{-\frac{R_1'}{L_1'}t} = 1 - \frac{\Delta R_1}{R_1}e^{-\frac{R_1'}{L_1'}t} = \frac{1}{2}$$

Atunci

$$\left(\frac{d}{dt}M\right)_{max} = \frac{2C^t}{R_1'L_1'}\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2} = \frac{C^t}{2R_1'L_1'} \qquad (23')$$

Pentru al doilea motor

$$\frac{d}{dt}M \cong \frac{C^t}{(R_1')^2}\left[\varepsilon\frac{\Delta R_1}{R_1}e^{-\varepsilon t} + \frac{\Delta R_1}{R_1}\cdot\frac{R_1'}{L_{s1}}e^{-\frac{R_1'}{L_{s1}}t} - \frac{R_1'}{L_{s1}}\left(\frac{\Delta R_1}{R_1}\right)^2 e^{-\frac{R_1'}{L_{s1}}t}\right]$$

Putem neglija primul termen față de valoarea celorlalți și avem:

$$\frac{dM}{dt} \cong \frac{C^t}{R_1'L_{s1}}\cdot\frac{\Delta R_1}{R_1}\left(1 - \frac{\Delta R_1}{R_1}\right)e^{-\frac{R_1'}{L_{s1}}t} \qquad (24)$$

Se poate alege $\frac{\Delta R_1}{R_1}$ astfel încât coeficientul exponențialei să fie minim.

Fie însă cazul cel mai defavorabil

$$\frac{\Delta' R_1}{R_1} = 1 - \frac{\Delta' R_1}{R_1} \equiv \frac{1}{2}$$

avem

$$\frac{dM}{dt} = \frac{C^t}{R_1' L_{s1}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} e^{-\frac{R_1'}{L_{s1}} t} = \frac{C^t}{4R_1' L_{s1}} e^{-\frac{R_1'}{L_{s1}} t} \qquad (24')$$

al cărui maxim are loc la $t = 0$ evident.

Comparând între ele rezultatele

$$\left(\frac{dM}{dt}\right)_{max} = \frac{C^t}{2R_1' L_1'} \quad \text{și} \quad \left(\frac{dM}{dt}\right)_{max} = \frac{C^t}{4R_1' L_{s1}'}$$

se ajunge la concluzia că, în cazul schimbării treptei reostatului, pentru ca motorul cu inele amortizoare să producă lovituri de cuplu mai mici decât un motor obișnuit, este necesar ca $2L_{s1} \geqslant L_1'$ sau $L_{s1} \geqslant L_1$, adică trebue introdus în circuit un self suplimentar care să compenseze aparența antiinductoare, a polilor.

Acest studiu nu constitue decât baza teoretică a problemei propuse. Rezolvarea ei practică prezintă un domeniu destul de mare de posibilități. Se pot obține diverse rezultate noi în pornirea motorului electric de tracțiune de curent continuu, adoptând amortizările dorite, după cum se dimensionează inelele scurtcircuitate.

In afară de acest rezultat, introducerea inelelor amortizoare pe polii motorului mai are și altă consecință favorabilă. Datorită faptului că φ_{rez} se stabilește (și deasemenea se stinge) lent, la ruperea curentului nu apar decât supratensiuni reduse și deci, contactele sau controlerul sunt menajate.

Dealtfel, în vederea obținerii acestui ultim efect, asemenea inele amortizoare au fost introduse în tehnică.

Rămâne ca un fapt stabilit că această modificare constructivă a motorului, cu unele condiții, poate da o mică perfecționare a regimului de pornire și ușurează regimul de lucru al controlerului.

Bibliografie

Alexeev A.E., Construcția mașinilor electrice (traducere din l. rusă), București, Editura Tehnică, 1951,

Curepin F. C., Despre curentul electric (traducere din l. rusă), București, Editura Tehnică. 1951.

Prof. Ionescu V., Curs de Electricitate, București, Universitatea C. I. Parhon, 1950.

Prof. Budeanu C., Curs de Electricitate, București, Institutul Politehnic, 1949.

★

КОЛЬЦА ДЕМПФИРУЮЩИЕ ПОСРЕДСТВОМ ВИХРЕВЫХ ТОКОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Р е з ю м е

В этой статье автор предлагает использование для тяговых сериесных электродвигателей постоянного тока, кольца демпфирующие посредством вихревых токов, удары движущего момента, в пусковой период.

Основываясь на полученных результатах теоретического исследования эквивалентной цепи, в переходном режиме, указывается получаемое улучшение пуска электродвигателя предусмотренного такими демпфирующими кольцами.

DESCĂRCĂTORII TUBULARI

Ing. A. POPA

Se analizează problema descă.cătorilor tubulari în special din punct de vedere al principiilor de funcționare și al posibilităților de utilizare. Se face o analiză critică a diverselor obiecți aduse descărcătorilor tubulari, arătându-se că cea mare parte din ele au fost infirmate de practică sau nu se mai aplică aparatelor moderne perfecționate. Se dau indicații de utilizare. Articolul se adresează tehnicienilor și inginerilor din exploatări.

I. ISTORIC

In cadrul măsurilor de protecție a instalațiilor electrice, protecția împotriva supratensiunilor atmosferice constitue un capitol important, dar cu desvoltare mai recentă și de aceea mai puțin cunoscut.

Pe de o parte, lipsa de cunoștințe precise cu privire la fenomenele de supratensiune în general și cu privire la supratensiunile de origine atmosferică în special, pe de altă parte lipsa de date suficiente cu privire la comportarea izolanților la solicitări prin tensiune de impuls, au frânat mult progresul tehnic în acest domeniu al protecției împotriva supratensiunilor.

In ultimele două decenii însă, folosirea oscilografului ca instrument de cercetare a supratensiunilor atmosferice, culegerea de date statistice cuprinzând zeci de ani de exploatare și mii de kilometri de linie, precum și efectuarea de încercări de mare amploare în laboratoarelor de cercetări au dus la cunoașterea științifică a fenomenului de descărcare atmosferică și au creat astfel o bază științifică absolut necesară desvoltării aparatelor și metodelor de protecție împotriva supratensiunilor de origine atmosferică.

In această muncă de pionerat, în cercetările asupra fenomenului descărcărilor atmosferice, în experiențe de laborator precum și în culegerea de date statistice asupra efectului descărcărilor atmosferice și asupra comportării aparatelor de protecție, cercetările savanților sovietici au avut o importanță covârșitoare.

In cele ce urmează, ne propunem să prezentăm în lumina concepțiilor și cunoștințelor actuale și pe baza bogatei experiențe sovietice de exploatare, unul din aparatele de protecție împotriva supratensiunilor de origine atmosferică : descărcătorul tubular.

Am socotit necesar aceasta deoarece cu toate calitățile sale necontestate și verificate în U.R.S.S. și în alte țări în zeci de ani de exploatare, totuși acest aparat a avut și are o utilizare încă extrem de redusă în țara noastră.

II. DESCRIEREA APARATULUI

In principiu, descărcătorul tubular este un eclator introdus într'un tub din material izolant special, care sub acțiunea temperaturii arcului electric, generează gaze în mare cantitate. Destinderea explosivă a acestor gaze în afara tubului determină stingerea arcului care le-a produs.

In practică descărcătorul tubular este realizat sub diverse forme care nu diferă prea mult între ele, el fiind compus în general din următoarele elemente (fig. 1) :

— un tub din material izolant generator de gaze ;

— doi electrozi, unul în formă de tijă, ce pătrunde în interiorul tubului, celălalt în formă de tub pentru a permite evacuarea gazelor ;

— un dispozitiv de fixare ;

— eventual un indicator de funcționare.

Pentru a se evita o solicitare continuă a dielectricului tubului, se intercalează între descărcător și conductorul de protejat o distanță exterioară de amorsare. Distanța interioară de amorsare este hotărîtă de condițiile dorite de stingere, cea exterioară se alege astfel, încât împreună cu cea interioară să determine tensiunea de amorsare a descărcătorului.

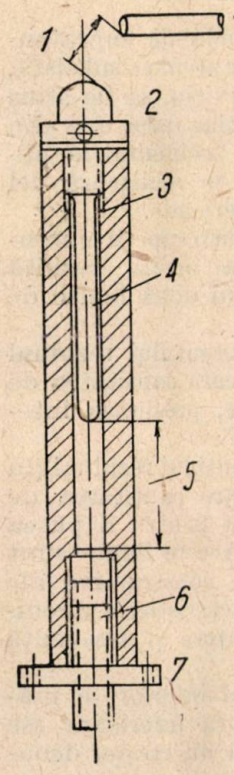


Fig. 1. 1 — eclator exterior ; 2 — piesă metalică sub tensiune ; 3— electrod tije ; 4 — tub ; 5 — eclator interior ; 6 — electrod tubular ; 7 — suport și legătură la pământ.

Diametrul interior al tubului se alege în funcție de curenți de frecvență industrială pe care trebue să-i poată întrerupe descărcătorul ; diametrele mici corespund unor curenți de întrerupere mici.

III. FUNCȚIONAREA

Sub acțiunea unei unde de tensiune ce depășește nivelul protejat de descărcător, se produce străpungerea celor doi eclatori în serie, amorsându-se un arc prin care potențialul conductorului este adus la valori nepericuloase pentru instalație.

Supratensiunea este redusă în câteva fracțiuni de microsecundă (0,2...1 microsecunde) la valori de ordinul tensiunii nominale ; dar după ce unda de tensiune a fost anihilată, distanțele de amorsare rămân atât de puternic ionizate, încât sunt străpunse și de tensiunea de serviciu a liniei, producându-se astfel o scurtcircuitare a fazei respective la pământ (sau un scurtcircuit între faze prin descărcătorul celeilalte faze sau printr'o punere la pământ existentă).

Prin descărcător continuă să treacă astfel un curent alimentat de tensiunea rețelei, numit curent rezidual.

Sub acțiunea temperaturii înalte a arcului electric (6000...12000 °C), pereții tubului sunt descompuși, degajându-se o mare cantitate de gaze, care în timpul semiundei curentului nu reușesc decât în parte să iasă din tub, restul acumulându-se spre capătul închis al tubului unde ating presiuni foarte mari (până la mai multe sute de atmosfere).

La trecerea curentului rezidual prin zero, cantitatea de gaze degajată de pereții tubului se reduce mult și presiunea din interior scade datorită evacuării gazelor prin capătul deschis. Înăuntrul tubului se formează astfel o suflare longitudinală a gazelor acumulate la capătul închis al descărcătorului. Aceste gaze ocupă volumul din zona spațiului interior de amorsare, umplându-l cu gaze mai reci, puternic deionizate, aflate încă la o oarecare presiune și restabilesc astfel foarte repede rigiditatea dielectrică a acestui spațiu.

Se urmărește ca numai unda de supratensiune să fie pusă la pământ, iar arcul ce subsistă, întreținut de tensiunea de serviciu, să fie stins la prima trecere prin zero, chiar dacă una din celelalte două faze este pusă accidental la pământ. In practică stingerea se realizează cel mai adesea în 1...3 semiperioade.

Deoarece gazele necesare întreruperii curentului sunt produse de acesta însuși, rezultă în funcționarea descărcătorului două limite de funcționare:

— o limită superioară a curentului rezidual (în jur de 7...10 kA), peste care cantitatea de gaze degajate este prea mare, presiunea interioară putând distruge tubul;

— o limită inferioară a curentului rezidual (în jur de 300...500 A) sub care cantitatea de gaze degajate este prea mică pentru a putea realiza o întrerupere sigură. Aceste limite sunt influențate atât de calitățile constructive ale descărcătorului cât și de caracteristicele circuitului întrerupt (factor de putere și frecvență proprie).

Prin funcționare, diametrul interior se mărește, crescând astfel și limita inferioară (se consideră că limita superioară nu crește, deoarece uzura nu este uniformă).

In rețelele cu neutrul pus direct la pământ, descărcătorul are de stins curentul de scurtcircuit la pământ al fazei respective, curent care poate lua valori de câteva mii de amperi.

In rețelele cu neutrul izolat, descărcătorul are de stins curentul capacitiv de punere la pământ al acestora, curent care este mult mai redus (sub limita inferioară a curenților întrerupți), dar a cărui stingere realizează totuși în bune condițiuni, după cum a dovedit experiența de exploatare. (Acest fapt se explică prin creșterea înceată a tensiunii de revenire în acest caz).

In rețelele compensate, puneri la pământ monopolare se sting de bobina de stingere, descărcătorii servind pentru a stinge străpungeri bi- și tripolare, adică scurtcircuite între faze sau duble puneri la pământ.

Descărcătorii tubulari, ca și cei cu rezistență variabilă, nu se pot ajuta reciproc, deoarece față de undele de impuls, au o eficacitate absolut locală.

IV. MĂRIMI CARACTERISTICE

Principalele mărimi ce caracterizează un descărcător tubular sunt:

1. *Tensiunea nominală* (U_n) este mărimea cea mai importantă a unui descărcător tubular și e dată de valoarea tensiunii compuse (kVef) pentru care este construit aparatul.

Descărcătorul trebue să poată lucra corect la tensiuni la locul de utilizare până la 1,15 U_n dar nu poate fi utilizat în rețele cu tensiunea mai mică decât tensiunea nominală a descărcătorului, deoarece nivelul său de amorsare rămâne prea ridicat și nu mai oferă o protecție suficientă.

In rețele cu neutrul pus direct la pământ, (fără rezistențe, bobine de stingere, transformatori de tensiune, etc.), se poate utiliza un descărcător construit pentru 0,8 ori tensiunea compusă a rețelei, deoarece amplitudinea supratensiunilor interne e mult mai redusă în acest caz.

2. *Domeniul de funcționare* este zona curenților de frecvență industrială, în care se garantează funcționarea corectă. Este mărginită și definită de limita inferioară și limita superioară a curenților întrerupți (*kAef*).

In literatura tehnică sovietică aceste două sunt mărimile ce caracterizează descărcătorul. De exemplu notația:

$$PTO\frac{35}{0{,}1\text{-}1{,}5}$$

indică un descărcător tubular cu tub de plexiglas destinat să funcționeze pe o linie cu tensiunea între faze de 35 *kVef* (neutrul nepus direct la pământ) și cu limita inferioară, respectiv superioară a curenților întrerupți de 0,1 respectiv 1,5 kAef.

La alegerea descărcătorului trebue avut în vedere ca valoarea cea mai mare din valorile efectiv posibile ale primei semiperioade a curentului de scurtcircuit (având în vedere și componenta aperiodică) în locul de montare a descărcătorului să nu întreacă limita superioară a curentului de întrerupere a descărcătorului, iar valoarea cea mai mică din valorile efectiv posibile ale curentului de scurtcircuit în locul de montare (fără componenta aperiodică) să nu fie mai mică decât limita inferioară a curentului de întrerupere al descărcătorului.

3. *Tensiunea de amorsare* la frecvență industrială (kVef) este valoarea tensiunii, de frecvență industrială, măsurată la bornele descărcătorului (inclusiv spațiul exterior de amorsare) la care se obține străpungerea spațiului dintre electrozi în condiții normale de presiune, temperatură și umiditate.

Tensiunea de amorsare la frecvența industrială este o valoare impusă de tendința de a se evita amorsări intempestive ale descărcătorului la

supratensiuni de origine internă. Mărimea ei este fixată de regulele de coordonare a izolației și este cuprinsă pentru descărcătorii tubulari între 2...4 *Un*.

4. *Tensiunea de amorsare la șoc* (kVmax) este tensiunea de șoc de formă normalizată (1,5/40, 1/50, 0,5/5 etc.), măsurată la bornele descărcătorului (inclusiv spațiul exterior de amorsare) pentru care se obține 50% amorsări, în condiții normale de presiune, temperatură și umiditate).

Tensiunea de amorsare la șoc este o valoare impusă de dorința de a se evita conturnări sau străpungeri ale izolației instalației protejate. Mărimea ei este fixată de regulele de coordonare a izolației fiind situată ca mărime, circa 25% sub tensiunea de conturnare la impuls a izolatorilor instalației protejate.

5. *Frecvența nominală*. Descărcătorii de fabricație curentă pot fi utilizați în rețele cu frecvența de serviciu cuprinsă între 40... 60Hz; pentru alte frecvențe, precum și în curent continuu condițiile de stingere sunt altele.

V. CONDIȚII CE TREBUE SA SATISFACA IN GENERAL DESCARCATORII

Pentru ca funcționarea descărcătorilor să fie corectă și folosirea lor să fie economică este necesar să fie satisfăcute următoarele condiții și deziderate:

— tensiunea de amorsare la șoc mult mai mică decât tensiunea de conturnare la șoc a izolatorilor instalației protejate;

— tensiunea de amorsare la frecvență industrială suficient de mare pentru a nu se produce amorsări la supratensiunile interne de conectare;

— factor de șoc cât mai mic, dacă este posibil chiar mai mic decât unitatea (această condiție este echivalentă în oarecare măsură cu cele două condiții precedente);

— caracteristică de protecție cât mai plată (întârzierea la amorsare să depindă puțin de panta frontului undei de tensiune);

— să suporte un număr cât mai mare de descărcări, chiar cu succesiune rapidă, fără a-și modifica sensibil caracteristicele;

— tensiunea de amorsare să nu fie influențată de condițiile atmosferice;

— mare capacitate de scurgere;

— putere mare de rupere;

— cădere mică de tensiune;

— zonă de funcționare cât mai extinsă;

— durată mare de funcționare;

— montare, întreținere și exploatare lesnicioasă;

— se adaugă tendința către o construcție simplă, materiale ușor de procurat, uzinare ușoară.

După cum vom vedea mai departe, descărcătorii tubulari nu corespund întru totul acestor condiții.

IV. CALITAȚI ȘI DEFECTE

Calitățile cele mai evidente și necontestate ale descărcătorilor tubulari sunt:

— capacitatea de scurgere și putere de rupere foarte mare (pot proteja împotriva loviturilor de trăsnet directe, foarte apropiate);

— cădere de tensiune foarte mică;

— funcționare sigură în limitele indicate;

— simplitate de construcție — preț redus.

Obiecțiile aduse sunt foarte numeroase, dar nu în totul justificate. Multe din aceste obiecții au fost simple presupuneri infirmate de practică, altele sunt valabile numai pentru tipurile vechi de descărcător tubular, care prezentau o serie de imperfecțiuni inerente începutului.

Printre aceste obiecții, aduse descărcătorilor tubulari citățm:

1. tensiunea de amorsare la șoc relativ ridicată în raport cu tensiunea de conturnare la șoc a izolatorilor suport și a izolatorilor de trecere pentru transformatori;

2. factor de șoc mare;

3. dispersie mare a tensiunii de amorsare atât la frecvență industrială cât și la șoc;

4. stingerea dificilă pentru curenți în afara limitelor de funcționare prevăzute;

5. limitele de funcționare influențate de gradul de uzură.

6. greutatea de a identifica gradul de uzură în timpul exploatării;

7. puterea de rupere cu atât mai redusă, cu cât rezistența prizei de pământ este mai mare;

8. puterea de rupere foarte mult influențată de factorul de putere și frecvența proprie a circuitului;

9. fibra, hârtia bachelizată, viniflexul, ebonitul, din care sunt construite majoritatea tuburilor, sunt higroscopice sau își reduc mult rezistența superficială sub acțiunea umidității necesitând vopsiri anuale cu lacuri speciale;

10. funcționarea descărcătorului tubular este deobicei echivalentă cu producerea unui scurtcircuit;

11. întreruperea bruscă a curentului poate naște supratensiuni care să pericliteze înfășurările transformatorilor;

12. existența unei zone deionizate în timpul funcționării;

13. releele pentru protecția contra scurtcircuitelor trebue să suporte curentul de scurtcircuit 2...3 semiperioade, fapt care îngreunează protecția selectivă;

14. indicați numai în rețele cu neutrul pus direct la pământ.

Vom analiza pe rând aceste obiecțiuni pentru a vedea în ce măsură sunt juste și mai ales în ce măsură lipsurile sunt remediabile.

1. *Tensiunea de amorsare ridicată la undă de șoc*. Acesta este unul din neajunsurile cele mai grave ale descărcătorilor tubulari și se datorește mai multor factori:

a) comportării nefavorabile la undă de șoc a eclatorilor tijă utilizați în mod curent în construcția acestor descărcători (întârziere mare la amorsare la unde cu pantă mare a părții frontale);

b) împrăștieri mari a tensiunii de amorsare la șoc a electrozilor tije;

c) împrăştieri mari a tensiunii de amorsare la frecvenţă industrială, determinată de modul de reglaj a distanţei exterioare de amorsare şi de influenţe atmosferice. Pentru a nu avea amorsări intempestive la supratensiuni de conectare, este necesar să se mărească distanţa exterioară de amorsare, de unde rezultă şi o tensiune de amorsare la şoc, ridicată.

Acest neajuns se poate remedia în mod simţitor prin :

— utilizare de electrozi cu forme speciale şi cu comportare mai favorabilă la unda de şoc ;

— fixarea din fabrică a eclatorului exterior pentru a se înlătura dispersiile produse prin montare ;

— introducerea eclatorului exterior într'un spaţiu ferit de influenţe atmosferice ;

— folosirea de „electrozi suplimentari" care să modifice aspectul câmpului electric îmbunătăţind comportarea la undă de şoc.

2. *Factor de şoc mare.* După cum am arătat, acest neajuns este legat de comportarea defavorabilă, la unde de şoc, a eclatorilor tije utilizaţi în construcţia descărtorilor tubulari.

Remedieri se pot aduce prin :

a) folosirea unui element special al cărui rol este să modifice repartiţia capacitivă a potenţialelor determinând o comportare mai favorabilă la unde de şoc.

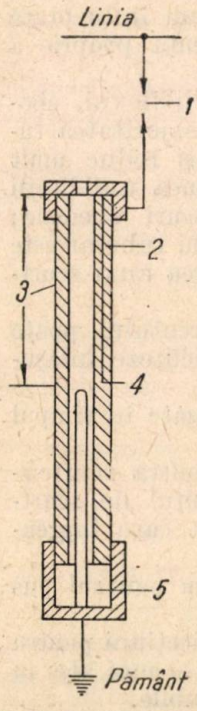


Fig. 2. Descărcătorul sovietic tip RT. 1 — eclator exterior ; 2 — eclator suplimentar ; 3 — eclator interior ; 4 — tub de fibră-bachelită ; 5 — rezervor.

In literatura tehnică sovietică, acest element care poartă numele de „electrod suplimentar", este utilizat la descărcătorii PT-6 şi PT-10 şi se prezintă sub forma unei benzi subţiri metalice lată de 10 — 20 mm şi de lungime aproximativ egală cu distanţa interioară de amorsare. Această bandă metalică (staniol) se înfundă în masa hârtiei bachelizate (în procesul înfăşurării acesteia pe tubul de fibră) la o distanţă determinată faţă de ax. Este plasată în lungul tubului începând dela capătul deschis şi are legătură metalică cu electrodul în formă de placă al spaţiului interior de amorsare (fig. 2).

b) La alte construcţii acest electrod suplimentar ia forma unui inel metalic ce înfăşoară tubul descărcătorului (fig. 3a) sau este îngropat în acesta (fig. 3b) şi este izolat electric de cei doi electrozi.

c) Fixarea din fabrică a eclatorului exterior atrage după sine o reducere a distanţei dintre electrozi, ceeace îmbunătăţeşte în oarecare măsură şi factorul de şoc (fig. 4).

d) Utilizarea unor electrozi de formă specială cu comportare mai favorabilă la unde

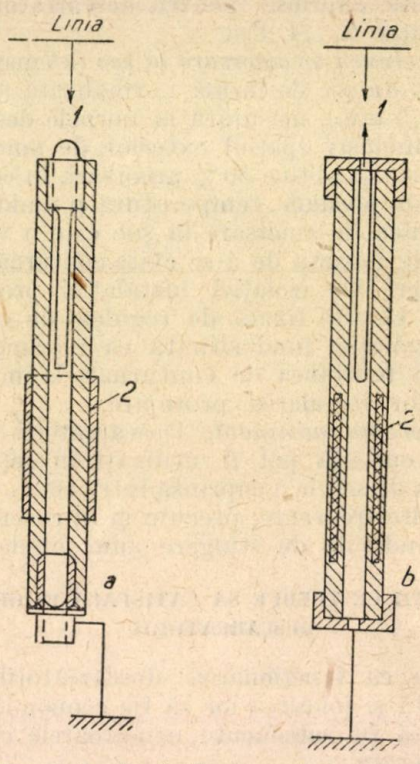


Fig. 3. Tipuri de descărcători cu electrod suplimentar. 1 — eclator exterior ; 2 — electrod suplimentar.

de şoc nu a fost până în prezent aplicată dar s'au folosit în acest scop dispozitive de shuntare a eclatorilor prin elemente de rezistenţă variabilă cu tensiunea.

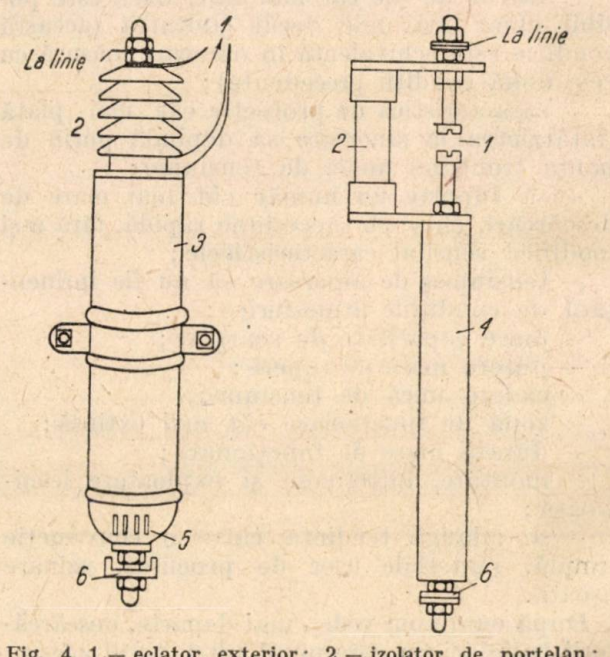


Fig. 4. 1 — eclator exterior ; 2 — izolator de porţelan ; 3 — tub de porţelan ; 4 — tub generator de gaze ; 5 — orificii de evacuare a gazelor ; 6 — legătura la pământ.

3. *Problema împrăştierii* tensiunii de amorsare şi dependenţa acesteia de condiţiile atmosferice a fost cuprinsă la punctele 1 şi 2.

Mai trebue însă accentuat un lucru : influența stării atmosferice nu se manifestă direct asupra comportării la undă de șoc, ci numai asupra tensiunii de amorsare la frecvență industrială, unde, pentru a se evita amorsări intempestive, obligă la ridicarea nivelului protejat și deci, indirect, la mărirea tensiunii de amorsare la undă de șoc și mărire a factorului de șoc.

4. *Stingerea dificilă pentru curenți în afara limitelor de funcționare prevăzută.*

Obiecția este justă, dar să analizăm mai atent greutatea acestei deficiențe :

— dacă arcul nu poate fi stins, intensitatea curentului fiind mică (20...200 A), întreruperea liniei se va face de către relee de protecție, după care se poate imediat reanclanșa. Funcția de protecție a fost însă realizată ;

— distrugerea descărcătorului prin curenți prea mari realizează totuși, în marea majoritate a cazurilor întreruperea, cu prețul nu prea ridicat al unui descărcător distrus.

Când se face obiecția că descărcătorii tubulari au o zonă de funcționare limitată, se uită cel mai adesea să se aibă în vedere și următoarele fapte :

— oricare ar fi aparatul, el are o limită de funcționare la depășirea căreia aparatul este cel mai adesea serios deteriorat ;

— desavantajul existenței unei limite inferioare de funcționare este în cea mai mare parte înlăturat în caz de conlucrare cu bobine de stingere.

In rețelele cu neutrul izolat, curenți până la 20 Aef sunt cu ușurință stinși și numai pentru curenți cuprinși între această valoare și limita inferioară de funcționare a descărcătorului stingerea nu e sigură sau se face într'un timp ceva mai lung. In orice caz funcția de protecție este îndeplinită și aici.

— Desavantajul existenței unei limite superioare își pierde din importanță dacă ținem seama de faptul că probabilitatea de a avea curenți de trăsnet mai mari ca 4 kA este — după o statistică sovietică publicată recent (Stecolnicov) — de 6% iar aceea de a avea curenți de trăsnet mai mari ca 10 kA este de 1%.

— Se neglijează deasemenea faptul că descărcătorii tubulari suportă mai bine ca cei cu rezistență variabilă loviturile directe de trăsnet apropiate, precum și faptul că statisticile arată adesea un număr foarte apropiat de defectări a descărcătorilor tubulari și a celor cu rezistență variabilă.

Remedii se pot aduce mărind rezistența mecanică a tubului pe de o parte și îmbunătățind condițiile de stingere a curenților mici pe de altă parte.

5. *Limitele de funcționare influențate de gradul de uzură.*

Observația este justă în sensul că, prin funcționare, diametrul interior al tubului se mărește, limita inferioară deplasându-se spre intensități mai mari (se consideră că limita superioară nu variază, uzura tubului nefiind uniformă pe toată lungimea).

Statisticele arată însă că numărul mare de defecte este dat de lipsa de rezistență mecanică la curenți mari, în timp ce nefuncționarea corectă la curenți mici nu determină cel mai adesea decât acționarea releelor, cu întreruperea liniei pentru o foarte scurtă durată. (Afirmația că, prin funcționare la curenți sub limita inferioară, descărcătorul ar putea naște supratensiuni periculoase prin arc intermitent la pământ, nu e complect clarificată teoretic și nici în exploatare).

Dotarea descărcătorului cu un indicator de funcționare poate aduce în acest sens reale servicii, indicând aparatele ce trebue revizuite și eventual înlocuite.

Experiența de exploatare a arătat că o uzură importantă a descărcătorilor tubulari apare după 5...10 ani, uzura fiind mult mai mică în rețelele compensate sau cu neutrul izolat.

6. *Puterea de rupere cu atât mai redusă cu cât rezistența de punere la pământ este mai mare.*

Se pare că obiecția este valabilă numai calitativ, deoarece în exploatare s'au constatat funcționări corecte chiar la stâlpi cu rezistența la pământ de 200 ohmi.

Totuși, în special la montarea pe stâlpi metalici ai liniilor cu stâlpi de lemn, este necesar ca rezistența prizei de pământ să nu depășească 15...25 ohmi pentru a se evita aprinderi inverse.

Este necesar deasemenea ca, acolo unde curenții reziduali au valori mici, să se dea o atenție specială prizei de pământ.

7. *Construcțiile* folosind tuburi de fibră, hârtie bachelizată, viniflex, ebonit, etc. au desavantajul de a necesita vopsiri anuale cu lacuri speciale.

Există însă posibilitatea folosirii unui tub exterior de porțelan, fapt prin care neajunsul mai sus pomenit este complect înlăturat, construcția rămânând totuși simplă. Tuburile de plexiglas nu necesită lăcuire.

8. *Funcționarea descărcătorului tubular este echivalentă cu producerea unui scurtcircuit.*

Observația este întru totul justă numai pentru rețelele cu neutrul direct pus la pământ, iar la rețelele cu neutrul tratat, numai în caz de punere la pământ existentă pe altă fază.

Prin aceasta pot fi influențate sistemele de protecție împotriva scurtcircuitelor sau punerilor la pământ.

Remediere nu se poate aduce decât în parte, îmbunătățind condițiile de stingere, pentru a asigura stingerea la prima trecere prin zero a curenților de însoțire.

9. *Întreruperea bruscă a curentului*, așa cum se realizează în descărcătorii tubulari, a fost considerată ca o cauză posibilă de defectare a înfășurărilor transformatorilor. Presupunerea se baza pe faptul că, în ceeace privește întreruperea curentului rezidual, descărcătorul tubular se comportă ca un întreruptor cu gaze comprimate. Dar tocmai în legătură cu posi-

bilitatea de a produce supratensiuni la întrerupere, între descărcătorii tubulari și întreruptorii cu aer comprimat, este o deosebire esențială :

— la întreruptorii cu aer comprimat, acțiunea mediului de stingere este independentă de intensitatea curentului și de aceea, la întrerueperea curenților mici, întreruperea se poate produce înainte de trecerea curentului prin zero, acesta fiind cauza supratensiunilor constatate.

— la descărcătorii tubulari stingerea este dependentă de intensitatea curentului, de unde rezultă, la curenții mici, dificultăți de stingere și nici decum întrerupere forțată.

10. In funcționare, descărcătorul expulzează gaze fierbinți ionizate, de conductibilitate electrică mai mare ca aerul înconjurător. Din măsură de prevedere, regulamentele de montare cer ca zonele de eșapare ale descărcătorilor de pe faze diferite să nu se atingă între ele și nici să atingă piese metalice, pământul sau piese de izolație organică. Nu sunt cunoscute experiențele care să determine mai exact gradul de ionizare al gazelor expulzate și posibilitatea ca acestea să devină cauza de defectare, dar nu ne sunt cunoscute nici cazuri de perturbări în funcționare produse de aceste gaze.

11. Afirmația că descărcătorii tubulari nu sunt indicați decât pentru rețele cu neutrul pus direct la pământ aparține cu totul unui trecut destul de îndepărtat. Studii mai amănunțite asupra funcționării descărcătorilor tubulari, experiențe făcute în diverse rețele și zeci de ani de exploatare au dovedit comportarea foarte bună a descărcătorilor tubulari atât în rețele cu neutrul izolat cât și în special în rețele compensate.

In rezumat deci :

Pe lângă multe avantagii incontestabile, descărcătorii tubulari prezintă și unele lipsuri în cea mai mare parte remediabile. Multe din obiecțiile ce se mai aduc încă descărcătorilor tubulari, nu mai corespund realității, fiind fie depășite de progrese făcute între timp în construcția acestor aparate, fie infirmate de încercări făcute în rețea și de o îndelungată experiență de exploatare.

Neajunsurile cele mai importante și mai greu de remediat rămân :

— tensiunea de amorsare la șoc ridicată ;

— producerea unui scurtcircuit în rețea la funcționare.

VII. EXPERIENȚA DE EXPLOATARE

In literatura tehnică din ultimii ani, se întâlnesc din ce în ce mai des referate și discuții cu privire la experiența făcută în exploatare îndelungată cu descărcătorii tubulari. Caracteristic acestor referate și discuții este aprecierea unanimă a utilității și bunei comportări în exploatare a acestui gen de protecție a instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice.

Astfel :

— în U.R.S.S. o analiză a comportării descărcătorilor tubulari pe liniile de 6,6 kV între anii 1937...1939 (B-2) arată că prin utilizarea descărcătorilor tubulari s'a obținut în mare măsură reducerea numărului de defectări.

Din totalul descărcătorilor ce au lucrat, 2% au lucrat greșit și 0,11% au fost distruși prin depășirea capacității de rupere.

Tot în U.R.S.S. o atentă analiză făcută asupra defectelor produse de supratensiuni atmosferice în anii 1946—47 (B-1) arată că :

— pe liniile de 35 kV cu stâlpi de lemn fără conductor de protecție, rezultatele funcționării, chiar cu o densitate mică de descărcători sunt „extrem de favorabile", numărul de declanșări fiind chiar mai mic decât pe liniile protejate cu conductor de protecție pe toată lungimea lor.

O statistică făcută pentru 14 ani cu 1157 deranjamente datorite supratensiunilor, a arătat că prin folosirea descărcătorilor tubulari, numărul de deranjamente s'a redus la mai puțin de 50% în liniile cu un singur circuit și mai mult în liniile cu două circuite.

— La noi în țară, o regională utilizează descărcători de fabricație proprie, având tubul de sticlă. Deși aceste aparate nici nu se pot numi practic descărcători, fiind doar eclatori protejați într'un tub de sticlă și având o putere de rupere extrem de mică, bazată numai pe dilatarea aerului și a vaporilor de apă din tub, totuși o practică de mulți ani a arătat că tuburile au totuși o valoare apreciabilă de protecție, numărul de defectări produse de supratensiuni fiind redus sub 50%.

VIII. UTILIZARE

In legătură cu domeniul de utilizare a descărcătorilor tubulari, se afirmau în trecus următoarele :

— nu pot fi utilizați decât în rețele cu neutrul pus direct la pământ ;

— nu sunt indicați în rețele cu neutrul izolat sau protejate prin bobine de stingere ;

— cea mai indicată utilizare este protecția lanțurilor de izolatori, pe liniile de înaltă tensiune, împotriva conturnărilor produse de supratensiuni atmosferice.

Acestea se afirmau în trecut. In prezent, punctul de vedere este aproape diametral opus. Studii amănunțite și experiența de exploatare au arătat că :

— bobina de stingere oferă condiții extrem de favorabile funcționării descărcătorilor tubulari, deoarece în rețelele compensate, punerile la pământ monofazate se sting prin bobine de stingere, descărcătorii servind la stingerea amorsărilor de arcuri bi- și tripolare. Se obține astfel o complectare a protecției și o uzură mult mai mică a descărcătorilor.

— Stingerea se produce sigur și în rețelele necompensate cu neutrul izolat sau pus indirect la pământ, dar într'un timp ceva mai lung (câteva semiperioade).

— Nu este indicată protecția tuturor lanțurilor de izolatori prin descărcători tubulari deoarece, după cum au arătat experiențele făcute în U.R.S.S. (B-4) densitatea cea mai favorabilă a echipării este de 0,3 complete pe kilometru de linie, gradul de defectare mărindu-se brusc dacă se depășește această densitate.

Deaceea, utilizarea descărcătorilor tubulari trebue limitată numai la stâlpii special periclitați, cum sunt :

— stâlpii metalici sau de beton armat pe linii cu stâlpi de lemn (se cere o rezistență de punere la pământ foarte mică — câțiva ohmi — fiindcă aici unda sosește cu amplitudine mare).

— Stâlpii de metal sau beton armat la care rezistența prizei de pământ nu poate fi redusă decât cu cheltueli mari. In acest caz, descărcătorul se montează pentru a stinge aprinderi inverse care nu pot fi evitate. Numai în acest caz rezistența prizei este de mai mică importanță.

— Stâlpii de linie la care se constată conturnări dese.

Rețele rurale întinse cu conductori de diametru mic prezintă condiții favorabile de funcționare a descărcătorilor tubulari, de aceea utilizări judicioase ale descărcătorilor tubulari sunt :

— protecția stațiilor mici de transformare ;

— protecția transformatorilor de stâlp și a transformatorilor izolați.

Prescripțiile sovietice privind protecția contra supratensiunilor atmosferice, prevăd utilizarea descărcătorilor tubulari în următoarele cazuri :

— pe linii de 35...100 kV, cu stâlpi de lemn, în punctele periclitate ;

— la încrucișeri ;

— pe stâlpii din fața stației la linii cu stâlpi de lemn ;

— pe toate plecările din stațiile de tensiune 20...35 kV și puteri mai mici de 560 kVA ;

— pe plecările din substațiile și posturile de transformare pe stâlpi ;

— pe plecările în derivații ;

— pe ambele capete ale cablului de intrare în stații.

IX. DESCRIEREA CATORVA TIPURI

1. Tipul sovietic PT (fig. 5) construit pentru tensiunile de 3, 6, 10, 35 și 110 kV. Folosește drept material gazigen fibra ce formează un tub interior îmbrăcat în alt tub exterior de hârtie bachelizată. Tubul exterior constitue elementul de rezistență mecanică.

Electrozii de oțel sunt — unul în formă de tije, celălalt în formă de placă cu gaură în stea.

O bandă subțire metalică servește drept indicator de funcționare.

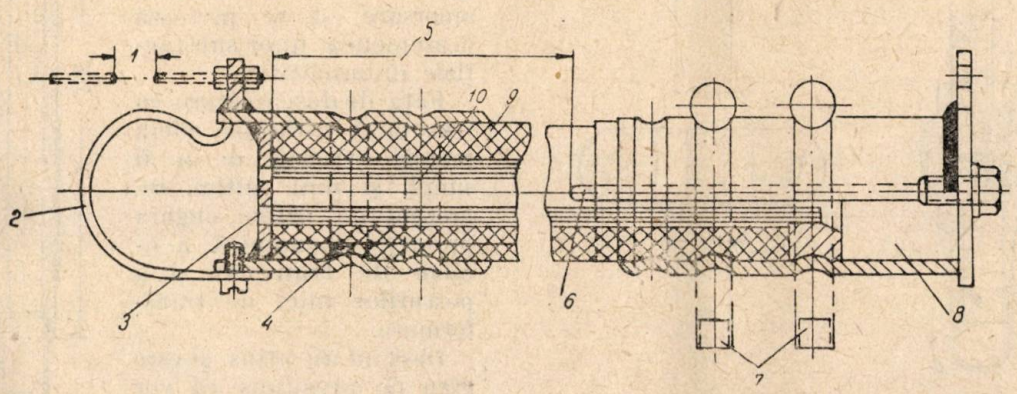


Fig. 5. 1 — eclator exterior ; 2 — indicator de funcționare ; 3 — electrod placă ; 4 — electrod suplimentar ; 5 — eclatorinterior ; 6 — electrod tije ; 7 — urechi de fixare ; 8 — rezervor ; 9 — tub de hârtie bachelizată ; 10 — tub de fibră.

Diametrul tubului variază între 33 și 76 mm iar lungimile între 350 și 1250 mm.

Particularități :

a) la capătul închis al descărcătorului se află o cameră numită „rezervor", având un volum de circa 50 cm³ la tipul PT-35 și fiind în legătură numai cu interiorul tubului. Rolul acestei camere este :

— să amortizeze șocul inițial de presiune creind gazelor încă o posibilitate de expandare ;

— să creeze o rezervă foarte utilă de gaze comprimate, care la trecerea curentului rezidual prin zero, contribue foarte eficace la stingerea arcului și restabilirea rapidă a rigidității dielectricului dintre electrozi, împiedicând reamorsarea arcului.

b) Lungimea spațiului interior de descărcare la descărcători de 6 și 10 kV este relativ mare ; se obțin totuși tensiuni mici de străpungere cu ajutorul unui „electrod suplimentar", format dintr'o fâșie de staniol introdusă în tubul de hârtie bachelizată.

c) Buna stare a suprafeței exterioare a tubului de hârtie bachelizată are o importanță covârșitoare pentru buna funcționare a descărcătorului, de aceea este necesară o revizie și lăcuire anuală a acestor descărcători.

2. Tipul sovietic PTO (fig. 6), construit pentru tensiunile de 6...10 și 35 kV, folosește drept material gazigen plexiglasul (sticla organică), tubul de plexiglas servind și ca element de rezistență mecanică. Plexiglasul are, față de fibră și hârtia bachelizată, avantajul de a-și

păstra rezistența superficială la umiditate, nefiind necesară lăcuirea.

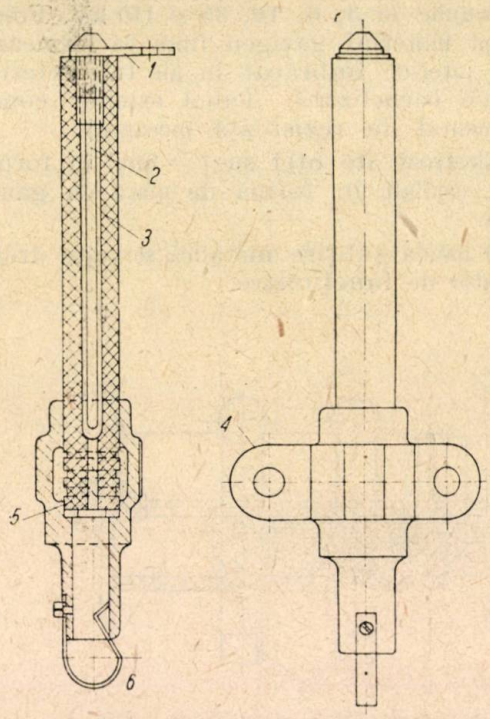


Fig. 6. 1 — clemă de legătură a electrodului exterior; 2 — electrod tije; 3 — tub generator de gaze; — 4 brățară de fixare; 5 — electrod placă; 6 — indicator de funcționare.

3. Tipul sovietic PTV, foarte asemănător cu tipul PT, se deosebește de acesta prin faptul că tubul gazigen este realizat dintr'un material plastic : „viniplast".

4. O altă construcție, deasemenea foarte simplă este descărcătorul tubular indicat în fig. 7.

Un tub de fibră are fixați la capete cei doi electrozi de oțel, unul în formă de tije, altul tubular, prevăzut cu piuliță pentru fixare pe suport și legare la pământ.

Particularități : în dreptul spațiului interior de amorsare, tubul este învelit în afară cu un manșon metalic al cărui rol este să modifice aspectul câmpului electric dintre electrozi și să determine :

— factor de impuls mai coborît ;

— dependență mai mică de polaritatea undei de șoc.

5. Fig. 8 reprezintă un descărcător tubular în construcția cea mai apropiată de tipul inițial. Prezintă avantajul simplității dar și multe imperfecțiuni corijate în celelalte construcții.

6. In toate construcțiile descrise eclatorul exterior este format de spațiul dintre electrodul superior și linia sub tensiune sau o piesă metalică legată electric de aceasta. Reglarea acestei distanțe se face la montarea descărcătorului, precizia reglajului lăsând cel mai adesea de dorit. Pentru a se înlătura acest neajuns, s'au imaginat o serie de construcții la care și eclatorul exterior este fixat din fabrică. Figura 4 indică principiul câtorva construcții de acest fel.

X. CONCLUZII

Descărcătorii tubulari reprezintă un aparat de protecție împotriva supratensiunilor, simplu, economic și eficace.

Față de eclatorii simpli, prezintă, în afară de stingerea arcului și avantajul unei întârzieri mai mici la amorsare și se pretează deasemenea unor substanțiale îmbunătățiri.

Față de descărcătorii cu rezistență variabilă, oferă marele avantaj de a fi simpli și mai ieftini, reprezentând astăzi singura protecție economică a liniilor de transport și a posturilor mici de transformare.

Deși nu au atins, și este greu de presupus că vor atinge, gradul de perfecțiune al descărcătorilor cu rezistența variabilă, totuși descărcătorii tubulari realizează un grad mare de securitate cu mijloace atât de simple, încât constitue unul din cele mai importante mijloace de protecție

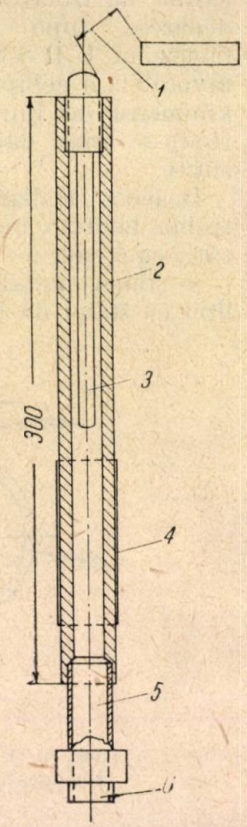


Fig. 7. 1-distanță de eclatare exterioară; 2-tub de fibră; 3-electrod superior; 4 - îmbrăcăminte metalică; 5-electrod inferior; 6-legătura cu pământul.

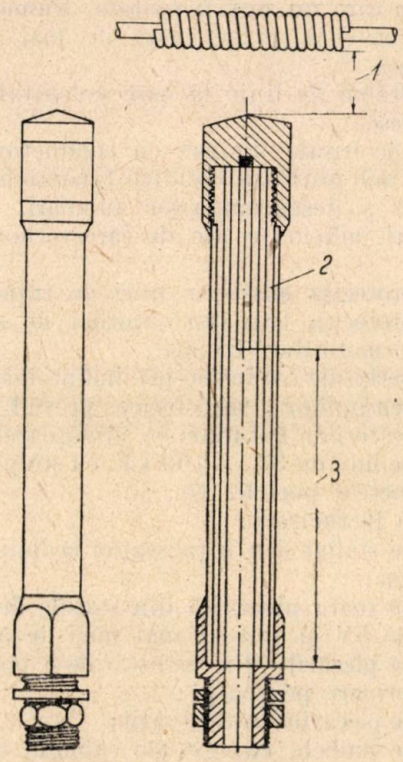


Fig. 8. 1- eclator exterior; 2- tub de fibră; 3-eclator interior.

a instalațiilor electrice împotriva deranjamentelor produse de supratensiuni atmosferice.

Pentru ca ei să-și îndeplinească rolul se pune o singură condiție : respectarea întocmai a prescripțiunilor de montare și întreținere.

Bibliografie

Mihailov A. I., Calculul și construcția aparatelor electrice de înaltă tensiune.

Ministerul Centralelor de Energie electrică U.R.S.S., „Indicații de orientare pentru protecția contra supratensiunilor a instalațiilor de curent alternativ 3...200 kV" 1946.

Ministerul Centralelor de Energie electrica U.R.S.S. „Instrucțiuni pentru montarea și exploatarea descărcătorilor tubulari din fibră-bachelizată HPPT".

Burgsdorf V. V., Studiul protecției sistemelor energetice contra supratensiunilor atmosferice Electricestvo Nr. 2 (1949).

Bezrukov F. V., Imbunătățirea caracteristicelor descărcătorilor tubulari din sticlă organică, Electricestvo Nr. 9 (1946).

Babicov M. A., Descărcătorii tubulari în rețelele de 6,6 kV. Electr. Stanții Nr. 10 (1939).

Brodeanski E. Z., Incercarea descărcătorilor tubulari .Electr. Stanții Nr. 5 (1950).

Kalinin E. V., Controlul posibilităților de conturnare a descărcătorilor tubulari de 110 kV. Electr. Stanții Nr. 11 (1940).

Novicov A. N., Alegerea învelișurilor descărcătorilor tubulari Electr. Stanții Nr. 11 (1940).

Avramescu A., Protecția contra supratensiunilor atmosferice. Revista A.S.I.T. Electricitatea Nr. 1(1952).

★

ТРУБЧАТЫЕ РАЗРЯДНИКИ

Резюме

Подвергается анализу вопрос о трубчатых разрядниках в особенности с точки зрения принципов работы и возможности применения.

Производится критический анализ различных возражений по поводу применения трубчатых разрядников, указывая что большинство из них были опровергнуты практикой или не касаются современных усовершенствованных аппаратов. Даются указания по их применению.

Статья обращается к ИТР эксплеатационщикам.

METODE DE INCERCARE ALE CONDUCTORILOR ELECTRICI EMAILAȚI

Ing. C. CRUCERU

Articolul de față arată metodele mecanice și electrice de încercare la care trebue să fie supuși conductorii emailați pentru a corespunde scopului. Desvoltarea continuă a construcției de mașini și aparate electrice în R. P. R., folosind măreața experiență a tehnicei sovietice, impun o calitate superioară a acestor produse ale industriei electrotehnice. Deaceea se arată în articol metodele de încercare și considerentele tehnico-științifice care stau la baza lor și care pot fi utile nu numai într'o întreprindere de fabricarea conductorilor ci și în toate întreprinderile de construcții electrotehnice care utilizează acești conductori.

Ritmul rapid de desvoltare al industriei noastre electrotehnice, construcția de noi tipuri de produse electrotehnice pe baza ajutorului tehnic pe care-l primim din partea Uniunii Sovietice pune în fața muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor sarcina însușirii pe un plan cât mai înalt a tehnologiei moderne de fabricație a acestor produse.

Utilizarea conductorilor izolați cu email bumbac sau numai cu email la construcția mașinilor electrice la diversele aparataje electrice, în tehnica telecomunicațiilor pentru cabluri de stație și distribuție telefonică, etc. este legată direct de tehnica încercării acestor conductori.

Studiile teoretice și practice ale înlocuirii sârmei cu izolație de bumbac prin sârma email la mașinile electrice în scopul măririi coeficientului de utilizare al ancoselor și implicit al micșorării dimensiunilor mașinilor respective, ajung la concluzia că prin aceasta prețul de cost al acestor produse scade simțitor, economisindu-se în acelaș timp importante cantități de materiale feromagnetice.

Este necesar ca pentru obținerea unor produse electrotehnice de calitate cât mai superioară, acolo unde folosim sârma emailată să cunoaștem caracteristicile emailului și a peliculei de email ca izolament prin efectuarea încercărilor electrice și mecanice asupra acestor conductori.

In mod obișnuit, în întreprinderile de cabluri și conductori, conductorii electrici emailați se supun următoarelor încercări mecanice și electrice :

1. Determinarea elasticității peliculei de email în starea inițială și după tratarea ei termică timp de 24 ore la o temperatură de circa 110 °C, prin spiralarea sârmei emaliate pe cilindri metalici, al căror diametru este funcție de diametrul sârmei a cărei elasticitate se determină.

2. Determinarea defectelor superficiale ale peliculei de email.

3. Măsurarea rezistenței electrice a peliculei de email prin metoda punții, după introducerea prealabilă a acesteia timp de 24 ore la o temperatură de circa 25 °C în benzină de aviație

sau la temperatură de circa 100 °C, în ulei de transformator.

Metodele menționate stabilesc numai într'un oarecare grad calitatea conductorilor electrici emailați. Deaceea desvoltarea continuă a fabricației de mașini electrice și crearea de noi tipuri de asemenea conductori impun un studiu mai analitic al problemei și implicit introducerea unor metode mai moderne de încercare

Experiența tehnicii sovietice în domeniul conductorilor electrici emailați a reușit actualmente să treacă la folosirea unor asemenea metode moderne care s'ar putea aplica cu succes și în întreprinderile noastre de cabluri, îmbunătățindu-se astfel mult calitatea sârmei emailate.

Aceste metode cuprind :

1. Determinarea uniformității grosimii peliculei de email.
2. Determinarea elasticității peliculei de email pe baza cunoașterii modulului de elasticitate al lacului email.
3. Determinarea valorii aderenței peliculei de email.
4. Determinarea stabilității termice.
5. Determinarea termoplasticității.
6. Determinarea rezistenței mecanice a peliculei de email, prin frictiune.
7. Determinarea stabilității lacului pe cale electrică.
8. Stabilirea defectelor punctiforme.
9. Incercarea la tensiune de străpungere a peliculei de email.
10. Măsurarea pierderilor dielectrice.

Vom trece pe scurt în revistă fiecare din aceste metode.

1. *Determinarea uniformității grosimii peliculei de email.* Examinând frontal un conductor emailat se pot constata neuniformități ale grosimii peliculei de email. Deaceea se impune stabilirea acestei neuniformități, stabilire care se poate face cu ajutorul unui aparat care determină capacitatea electrică a izolației de email pe o lungime oarecare (nu prea mare). Măsurarea se poate face atât în sens longitudinal cât și transversal (secțional) prin învârtirea sârmei cu un unghiu determinat. Intrucât astfel de măsurători sunt foarte importante, perfecționarea acestor aparate este o problemă deosebit de actuală.

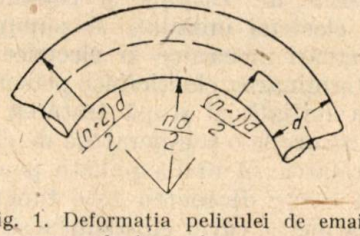


Fig. 1. Deformația peliculei de email la încovoiere.

2. *Determinarea elasticității peliculei de email.* In acest caz se spiralizează sârma emailată pe un cilindru cunoscând că partea cea mai tensionată de peliculă va fi în zona superioară, iar cea mai comprimată în zona inferioară (fig. 1). Valoarea deformației maxime Δl se determină din relația :

$$\Delta l\% = \frac{(n+2)\pi d - (n+1)\pi d}{(n+1)\pi d} 100 = \frac{1}{n+1} \cdot 100\ (\%) \qquad (1)$$

unde :
d — diametrul sârmei emailate și
n — raportul dintre diametrul cilindrului și cel al sârmei.

Trebue să menționăm că o importanță deosebită la această măsurătoare o are și forța cu care spiralăm sârma pe cilindru în sensul că dacă se depășește 2 kg/mm², numărul defectelor de izolament crește. Experiența sovietică în acest domeniu prescrie 1...2 kg/mm².

Acest lucru se explică prin aceea că încă înainte de spiralare pe cilindru, sârma este supusă unei tracțiuni admisibile care dacă nu depășește limita de elasticitate se exprimă prin :

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \qquad (2)$$

unde : σ — tracțiunea, kg/mm² ;
E — modulul de elasticitate.

In acest caz valoarea Δl este în procente :

$$\Delta l\% = \left(\frac{1}{n+1} + \frac{\sigma}{E}\right) 100\% \qquad (3)$$

3. *Determinarea valorii aderenței peliculei de email cu metalul.* Valoarea aderenței peliculei

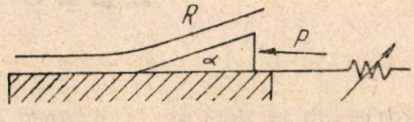


Fig. 2. Principiul de funcționare ale adeziometrului.

cu metalul se reflectă în mod sensibil asupra proprietăților fizico-mecanice ale izolației de email. Trebue deasemenea relevat că alungirea diferitelor pelicule de email suprapuse este mult mai mare în cazul când se măsoară simultan pentru toate, decât atunci când se stabilește numai pentru fiecare în parte.

Pentru determinarea aderenței peliculei de lac cu metalul ne servim de un aparat numit adeziometru construit de Institutul de Cercetări Științifice al Industriei de Cabluri din U.R.S.S. Principiul de acțiune constă în aceea că se desprinde pelicula de email depe suprafața cuprului prin intermediul unei pene împinse de o forță determinată care se măsoară în prealabil cu un dinamometru (fig. 2).

Intre forța P care este măsurată, valoarea aderenței T, forțele de frictiune R_1 și R_2 și unghiul α există o dependență funcțională :

$$P = f(T,\ R_1,\ R_2,\ \alpha)$$

Astfel, valoarea forței P obținute nu poate servi drept criteriu de stabilire a aderenței T dacă nu se ține seama și de forțele de frictiune R_1 și R_2.

Forța de desprindere P_{des} respectiv aderența T se poate exprima prin următoarea relație :

$$T = P - \left(\frac{\mu_2 P}{\text{tg } \alpha} + \frac{\mu_1 P}{\text{tg } \alpha}\right) = P\left(1 - \frac{\mu_1 \mu_2}{\text{tg}\alpha}\right), \quad (4)$$

unde μ_1 și μ_2 — sunt coeficienții de frecare ai penei.

Metoda sus menționată se recomandă în special pentru stabilirea aderenței lacurilor folosite în cazul conductorilor cu izolație de delta asbest sau sticlă.

Pentru încercarea peliculei de email a conductorilor subțiri se folosește metoda ruperii rapide a sârmei emailate, observându-se uneori desprinderea peliculei pe o lungime de 10....80 mm care la celălalt capăt se conservă sub forma de tub gol. Aparatul care se folosește în acest caz este cel din fig. 3. La acest aparat greutatea Q care se află la înălțimea h, se deplasează trăgând după sine sârma. Dacă intensitatea forței nu depășește limita de elasticitate, atunci din egalarea lucrurilor mecanice efectuate de greutatea Q și cel al alungirii elastice obținem că :

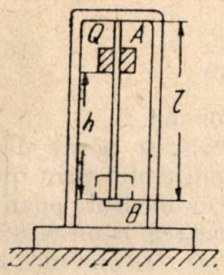


Fig. 3. Schema aparatului pentru determinarea mărimii aderenței peliculei de email cu metalul.

$$\Delta l_y = \Delta l_{cm} \pm \sqrt{\Delta l_{cm}^2 + 2\Delta l_{cm} \cdot h} \quad (5)$$

adică :

$$\Delta l_y > 2\ \Delta l_{cm} \quad (6)$$

iar când :

$$h = o,\ \Delta l_y = 2\ \Delta l_{cm} \quad (7)$$

La limita de proporționalitate procesul are un caracter mult mai complex întrucât alungirea epruvetei nu va fi proporțională cu forța.

Pentru conductori mai groși decât 0,41 mm, folosim o altă metodă pentru determinarea aderenței și anume : răsucim o bucată de conductor emailat, consolidat la un capăt, în jurul axei proprii. Forța periferică tangențială de răsucire nu trebue să depășească limita de elasticitate :

$$\tau = \frac{1}{2}\theta \cdot G \cdot d \quad (8)$$

unde : θ — unghiul de torsadare ;
G — modulul de elasticitate ;
d — diametrul conductorului care se încearcă.

Este evident că odată cu creșterea diametrului se mărește și forța tangențială și deci este nevoie de un număr mai mic de răsuciri pentru ruperea peliculei de email. Dacă mergem cu efortul de răsucire peste limita de elasticitate, τ (dela un moment oarecare) nu crește proporțional cu mărirea unghiului θ, ci devine o mărime constantă.

Dacă operația de răsucire se face cu sârma izolată sau cu sârmă izolată din care se taie o fâșie longitudinală de peliculă, unghiurile θ și θ_1 vor avea următoarele valori :

$$\theta = \frac{32Mt}{\pi d^4\left(1 - \frac{d_0^4}{d^2}\right)G} \quad (9)$$

$$\theta_1 = \frac{3Mt}{\pi\left(\frac{d_0+d}{2}\right)\left(\frac{d-d_0}{2}\right)^3 G} \quad (10)$$

unde : M_t — momentul de răsucire
d și d_0 — diametrul exterior și interior al tuburilor de email în cele două cazuri.

Din analizarea acestor relații se poate ușor stabili că în acest caz $\theta_1 \gg \theta$. Totuși, în cazul răsucirii sârmei de cupru emailate o însemnătate hotărîtoare o are deformarea acesteea și aderența dintre pelicula de email și metal. In afară de aceasta, ruperea peliculei are loc dacă depășim limita de elasticitate. Deaceea, după experiența sovietică, exfolierea emailului se produce după un număr determinat de răsucire. Având în vedere acest lucru se recomandă ca epruvetele de conductori emailate să aibă o lungime de circa 60 mm.

Intrucât prin răsucire are loc micșorarea lungimii epruvetelor, urmează ca încercările despre care s'a vorbit să se efectueze sub o tracțiune de aproximativ 1 kg/mm². Conductorii emailați PEL-1 (pe bază de email de ulei) cu diametrul 0,44...1,65 mm, rezistă la circa 2...6 răsuciri complete, iar cei izolați cu viniflex la 6...16 răsuciri complete.

4. *Determinarea stabilității termice.* Determinarea acestei valori se face prin introducerea epruvetelor de sârmă emailată într'un termostat la temperatura de 100°...125 °C timp de 24 ore, după care conductorii subțiri (diametrul 0,05...0,38 mm) se supun la tracțiune iar cei groși se înfășoară pe un cilindru de un diametru determinat. In ambele cazuri nu trebue să existe plesniri ale peliculei de email.

Se cunoaște și o altă metodă care constă în aceea că sârma care se încearcă se înfășoară în prealabil pe un cilindru și ulterior se introduce în termostat.

Prin încălzirea acesteia, în primul moment, datorită diferenței de temperatură între partea exterioară și interioară a conductorului, cuprul și pelicula de email se dilată în mod diferit.

Alungirea longitudinală, radială și tangențială se pot exprima prin ecuațiile :

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_z &= \frac{dw}{dz} - \alpha t\ ; \\ \varepsilon_r &= \frac{du}{dr} - \alpha t\ ; \\ \varepsilon_t &= \frac{U}{r} - \alpha t\ ; \end{aligned}\right\} \quad (11)$$

unde : w și u sunt alungirile longitudinală și radială α coeficient de temperatură.

Când temperatura pereților exterior și interior a tubului t_b și t_a este cunoscută, atunci expresia lui t se poate exprima în general în orice punct, prin relația :

$$t = \frac{t_a \ln \frac{b}{r} + t_b \ln \frac{r}{a}}{\ln \frac{b}{a}} \qquad (12)$$

Intrucât grosimea stratului de email este foarte mică se poate aprecia cu suficientă exactitate că t este funcțiune liniară de r și în acest caz temperatura medie a peliculei va fi :

$$t_m = \frac{t_b + t_a}{2} ; \qquad (13)$$

iar la suprafața metalului :

$$t_r = t_m + \frac{2\,(r - r_m)}{b - a}(t_a - t_m). \qquad (14)$$

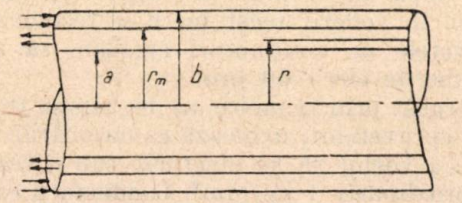


Fig. 4. Distribuirea forțelor de dilatare și compresiune a izolației în cazul unei încălziri rapide;

In figura 4, se indică o secțiune longitudinală printr'o epruvetă și semnul forțelor de dilatare și contracție în cazul când $t_b > t_a$. Dacă $t_a > t_b$, sensul forțelor de dilatare și contracție trebue să fie invers.

Determinarea stabilității la temperatură se efectuează în general pentru toți conductorii emailați necesari mașinilor electrice, aparatelor, etc.

Termoplasticitatea. Prin termoplasticitate se înțelege posibilitatea peliculei de a se înmuia la temperaturi ridicate. Cu cât termoplasticitatea este mai scoborîtă cu atât calitatea conductorilor de emailat este mai superioară. Determinarea termoplasticității se poate face în două moduri. La prima metodă se apasă asupra suprafeței peliculei cu ajutorul unei sârme calibrate de oțel (fig. 5),

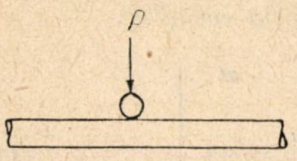


Fig. 5. Schema de încercare a termoplasticității.

In acest scop se introduce epruveta și sârma de oțel în circuitul unei surse de curent continuu având la borne 6—12 volți.

Aparatul se așează într'un termostat cu temperatură reglabilă ; momentul de poansonare se stabilește odată cu apariția contactului electric și arderea unei lămpi. Suprafața de contact în cazul dat va fi o elipsă ale cărei semiaxe se vor putea exprima prin relația :

$$a = \alpha \sqrt[3]{\frac{P_m}{n}} \text{ și } b = \beta \sqrt[3]{\frac{P_m}{n}} . \qquad (15)$$

Dacă înlocuim sârma de oțel cu sârma emailată, suprafața de contact va fi un cerc adică :

$$\alpha = \beta = 1, \qquad m = 2\,\rho,$$

α și β — sunt constante ;

unde :

ρ — raza conductorului care se încearcă

și $$n = \frac{4E}{3(1 - \mu^2)} \qquad (16)$$

unde : μ — coeficientul lui Poisson.

Cu ajutorul aparatului descris, se poate determina timpul de trecere al epruvetei prin diferite temperaturi până în momentul poansonării. In cazul când se încearcă conductori cu diametrul 0,3...2,4 mm se recomandă o sarcină de apăsare de circa 250...1500 g, iar diametrul sârmei de oțel 0,5...2,5 mm.

Un mare interes îl prezintă a doua metodă prin care între două plăci se așează un număr de epruvete în forma de „U". Determinăm cu ajutorul micrometrului în două circumstanțe, înălțimea interstițiului (M_1 și M_2) — înainte și după presarea epruvetelor, cu ajutorul unei forțe de 4...4,5 kg, la o temperatură de circa 125°C. Deformația peliculei se exprimă în acest caz prin relația :

$$D\,\% = \frac{M_1 - M_2}{n\,\Delta} \cdot 100, \qquad (17)$$

unde : n — numărul epruvetelor și

Δ — grosimea medie a peliculei de email în mm.

Examinând fenomenele tranzitorii, trebue avut în vedere faptul că dacă se presează doi cilindri cu axele paralele, atunci suprafața de contact va reprezenta un dreptunghiu a cărui lățime, pentru procese care nu depășesesc limita de elasticitate, se exprimă prin :

$$b = 2{,}15 \sqrt{P \frac{1}{\frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2}} \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2}\right)} \qquad (18)$$

unde : ρ_1 și ρ_2 — sunt razele cilindrilor ;

E_1 și E_2 — sunt modulele de elasticitate ale cilindrilor ;

P — forța pe unitatea de lungime a cilindrilor.

Presiunea maximă va fi bineînțeles în centrul suprafeței de contact și egală cu :

$$P_{max} = 0{,}59 \sqrt{P \left(\frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2}\right) \left(\frac{1}{\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2}}\right)} \qquad (19)$$

Dacă una din epruvete (cilindri) se înlocueşte cu o placă atunci $\rho_2 = \infty$ şi deci lăţimea respectiv presiunea vor fi :

$$b = 2{,}15 \sqrt{P \cdot \rho_1 \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right)} \qquad (18a)$$

şi

$$P_{max} = 0{,}59 \sqrt{\frac{P}{\rho_1} \cdot \frac{1}{\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2}}} \qquad (19a)$$

Aceste relaţii sunt valabile în domeniul deformaţiilor elastice.

5. *Determinarea rezistenţei mecanice a peliculei de email prin fricţiune.* Această încercare are o mare însemnătate pentru conductorii emailaţi folosiţi în stare nebobinată (fără bumbac, etc.) pentru maşinile electrice. Unul din aparatele care se folosesc în acest domeniu este şi acela prin care două epruvete de sârmă emailate se aşează sub un unghiu de 90° şi se supun acţiunii unei forţe. După aceea epruvetele se supun unei mişcări de „du-te vino" cu o cursă de circa 10 cm până la apariţia contactului. In acelaş scop se utilizează şi aparatul sub formă de colivie care are între părţile frontale un număr de 12 bare metalice având un diametru de 5...6 mm, dispuse pe o circomferinţă de 200 mm. Un capăt al sârmei emailate se curăţă de peliculă şi se fixează, iar cu celălalt se aşează sârma peste o colivie. Intre conductorul emailat şi barele metalice ale coliviei se aplică o tensiune de 6...12 V; turaţia roţii fiind de circa 60 rot/mm până la apariţia contactului. Mărimea forţei de apăsare reprezintă 15...1000 g pentru sârmă cu diametrul 0,1... 2,4 mm.

Un aparat mult mai perfecţionat este acela la care frecarea peliculei se face cu ajutorul unui ac (pe partea laterală) pe o lungime de 9 — 10 mm; diametrul acului este de 0,4 mm (fig. 6) Acul este presat asupra conductorului

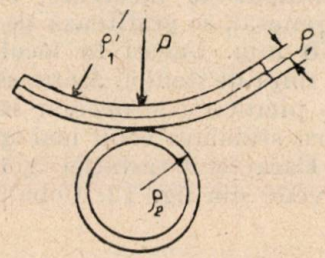


Fig. 6. Schema de încercare a peliculei de email prin fricţiune.

cu o forţă de circa 100...1000 g şi prin mişcarea de „du-te vino" se acţionează până la apariţia contactului. Coeficientul m de mai sus se poate exprima în acest caz prin :

$$m = \frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_1'} + \frac{1}{\rho_2} \qquad (20)$$

unde :

ρ_1 — raza secţiunii acului;
ρ_1' — raza de curbură a acului;
ρ_2 — raza conductorului emailat.

Uneori este nevoie a se determina rezistenţa mecanică a sârmei emailate înfăşurată pe un cilindru. In acest caz folosim un aparat ca cel din fig. 7. Aparatul are un cilindru cu o lungime de 120 mm şi un diametru de 6...8 mm, iar pe acest cilindru se spiralează sârma pe o lungime de circa 8...10 mm. Asupra sârmei emailate se deplasează vârful dispozitivului 2

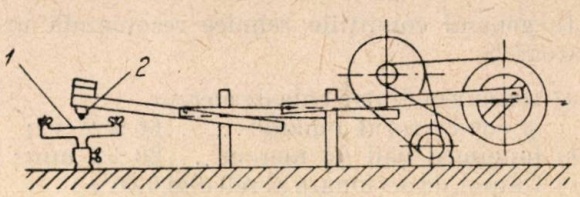


Fig. 7. Schema aparatului pentru încercarea izolaţiei de email prin fricţiune.

prin mişcare de „du-te vino" până la apariţia contactului electric.

6. *Determinarea stabilităţii lacului.* Unele condiţii tehnice prevăd determinarea stabilităţii lacului de email, introducând sârma emailată, un anumit timp în solvenţi speciali cu scopul de a urmări dacă pelicula îşi pierde sau nu calităţile fizico-chimice în momentul când este supusă la presiune (fig. 8).

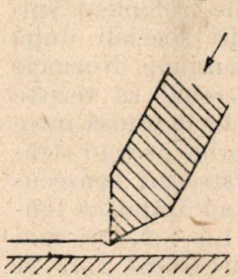


Fig. 8. Incercarea stabilităţii lacului.

Prof. V. A. Privezenţev dela Institutul de cabluri din Moscova recomandă următoarea metodă pentru determinarea stabilităţii lacului : epruvete de sârmă emailată lungi, de circa 200 mm, se introduc în anumiţi solvenţi, după care timp de aproximativ 30 min. se supun uscării. După aceea epruvetele respective (fig. 9) se supun, cu ajutorul unui aparat special, la presiune. Sârma şi aparatul se găsesc în circuitul unei surse de curent continuu. In cazul când pelicula este străpunsă, înseamnă că lacul email nu este corespunzător condiţiilor tehnice cerute.

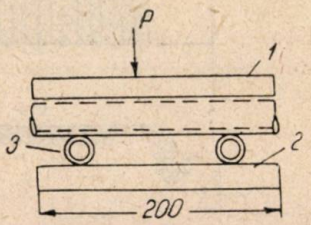


Fig. 9. Determinarea stabilităţii lacului cu ajutornl forţelor de compresiune.

7. *Determinarea defectelor punctiforme.* Această încercare este recomandată de normele sovietice numai pentru conductori cu diametrul 0,05 ÷ 0,35 mm cu ajutorul aşa numitelor aparate cu mercur. Trebue să menţionăm că această metodă se poate generaliza şi la celelalte dimensiuni de sârmă emailată. Intrucât pentru conductorii emailaţi groşi nu se recomandă această metodă din cauza toxicităţii mercurului, se poate folosi în locul acestuia clorura de sodiu (NaCl).

Determinarea defectelor punctiforme este influenţată de următoarele elemente : sensibili-

tatea releului, timpul de încercare t_t, lungimea băii cu mercur l_m, tensiunea între baie și conductorul emailat U_m și viteza de trecere a conductorului prin baie v.

Dacă două locuri defecte se găsesc la o distanță l_c se pot înregistra separat cu condiția ca :

$$l_c > l_m + vt \qquad (21)$$

In general condițiile tehnice recomandă următoarele :

a) tensiunea dintre baia de mercur și conductorul emailat.....60 ± 2 v. ;
b) lungimea băii de mercur ...20 ±2 mm ;
c) timpul de acționare al releului 0,01 s ;
d) rezistența maximă a izolației de email la 60 V.....10^3 Ω ;
e) viteza de deplasare a conductorului „.....25 ±3 m/min.

8. *Încercarea la tensiunea de străpungere a peliculei de email.* Această caracteristică are o importanță hotărîtoare atunci când vrem să constatăm calitatea conductorilor emailați. Pentru determinarea rezistenței de izolament spiralăm sârma email pe cilindri speciali după care o supunem încercării la tensiune. Normele prevăd ca tensiunea la care trebue să reziste conductorii emailați trebue să fie cuprinsă între limitele 220 ÷ 750 V. Unele norme prevăd străpungerea izolației între două straturi consecutive. In acest caz experiențele au arătat că tensiunea de străpungere va fi 1,5 ÷ 2, ori mai mică decât aceea corespunzătoare GOST 2773-44

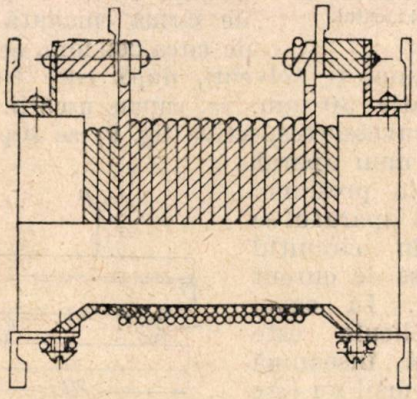


Fig. 10. Schema de înfășurare a sârmei pe mosor (cilindru) pentru determinarea rezistenței electrice a izolației.

In timpul încercării la tensiune trebue să apreciem just timpul de încercare care nu poate depăși mai mult ca 15 s.

9. *Măsurarea rezistenței izolației.* Măsurarea rezistenței de izolament a conductorilor emailați se efectuează numai în condiții de laborator. Procedeul folosit este următorul : se ia un mosor de ebonit cu diametrul 50...60 mm și se spiralează pe el sârma emailată în două straturi între care se determină rezistența izolației după 1 min dela aplicarea unei tensiuni continue de circa 100 V. Rezultatele se calculează pentru 1 km din lungimea conductorului care se determină prin formula :

$$L = (D + 2d)\pi \cdot n \qquad (22)$$

unde :

D — diametrul mosorului ;
d — diametrul sârmei emailate în mm ;
n — numărul spirelor.

Dacă straturile au numere diferite de spire, atunci în calcul se adoptă stratul cu cel mai mic număr de spire. Această măsurătoare se efectuează atât în condiții obișnuite ale mediului ambiant cât și în condiții de umiditate și temperatură ridicate.

10. *Măsurarea pierderilor dielectrice.* Măsurarea pierderilor dielectrice la diferite frecvențe

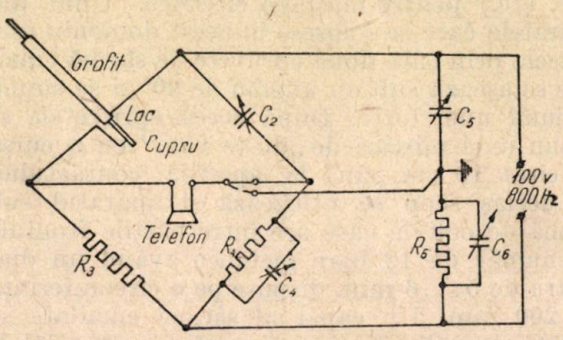


Fig. 11. Puntea pentru determinarea pierderilor dielectrice

se poate executa folosind aceleași epruvete pregătite pentru măsurarea rezistenței de izolament. Totuși în acest caz, stratul superior este de preferat să aibă un număr de spire mai mic pentru a se evita contactul acestuia cu mosorul. Incercările indicate se efectuează uneori la înaltă frecvență (circa 800 Hz).

In acest scop se poate folosi o punte de curent alternativ (fig. 11) având ca aparat indicator un receptor telefonic. Pentru a evita timpul îndelungat de încercare, conductorul emailat, în general, se grafitează pe o lungime de 100...150 mm. Uneori în locul grafitului putem folosi foiță de staniol. Mărimea tangentei unghiului de pierderi este necesar să fie determinată pentru stabilirea celui mai optim regim de emailare. Caracterul variației tg δ în funcție de timp se vede din fig. 12. Coborîrea curbei

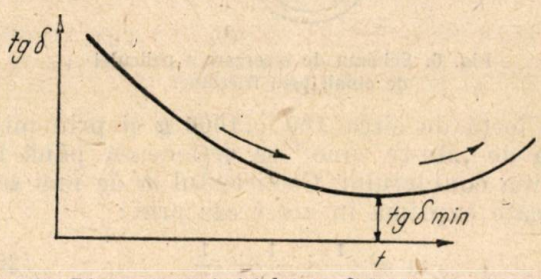


Fig. 12. Diagrama variației lui tg δ în funcție de timp.

tg δ în partea inițială a diagramei este condiționată de vaporizarea lacului care are loc în procesul formării peliculei.

Creşterea ulterioară a tangentei unghiului de pierderi (tg δ) caracterizează începerea defectării izolamentului în urma creşterii temperaturii. Valoarea tg δ poate stabili şi numărul optim de straturi de email care trebue să compună izolaţia conductorului în sensul că, cu cât numărul de straturi al peliculei creşte, cu atât în mod proporţional, creşte şi tg δ.

Bibliografie

Privezenţev V. D. şi *Tareev B. M.*, Fabricarea cablurilor de forţă şi a conductorilor de bobinaj, Moscova, Gosenergoizdat 1945.

Privezenţev V. D., Comunicări asupra conductorilor pentru bobinaje făcute la Institutul de Cercetări Ştiinţifice ale Industriei de Cabluri, Moscova 1951.

Tareev B.M., Materiale electroizolante, Gosenergoizdat, Moscova 1950.

★

МЕТОЕЫ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭМАЛИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ

Резюме

Настоящая статья указывает механические и электрические методы испытаний которым должна быть подвергнута эмалированная проволка. Дальнейшее развитие электромашино- и аппарато-строительства в Р. Н. Р., используя великий опыт советской техники, требует высшего качества этих изделий электропромышленности.

Поэтому тут указываются методы испытаний и научно-технические соображения на которых они основываются и которые могут быть полезны не только в предприятии кабельных изделий, но и во всех предприятиях электротехнических конструкций, которые используют эту проволоку.

LEFORDITVA
15158/49/53

DIN EXPERIENŢA UNIUNII SOVIETICE

FABRICAREA COLECTORILOR MAŞINILOR DE CURENT CONTINUU

Ing. F. D. LĂZĂROIU

In această lucrare se descrie tehnologia fabricaţiei colectorilor maşinilor electrice de curent continuu pe baza tehnologiei întrebuinţate în fabricile sovietice de specialitate. Se tratează pe lângă tehnologie şi condiţiile principale pe care trebue să le îndeplinească materialele întrebuinţate în construcţia colectorilor. Articolul poate constitui un îndreptar peutru îmbunătăţirea tehnologiei în fabricile noastre constructoare de maşini electrice.

Lucrarea de faţă are drept scop descrierea tehnologiei fabricaţiei colectorilor maşinilor electrice de curent continuu mici şi mijlocii, de producţie curentă, pe baza tehnicei sovietice moderne. Autorul a cunoscut la faţa locului această tehnologie în timpul specializării sale în U.R.S.S., astfel încât în cele ce urmează se descrie procesul tehnologic al fabricării colectorilor, aşa cum el este aplicat în U.R.S.S. Autorul consideră cunocute elementele constructive ale colectorilor, precum şi rolul şi teoria acestora. Această problemă prezintă interes, întrucât colectorul este partea cea mai delicată a maşinilor de curent continuu, iar execuţia acestuia în întreprinderile noastre mai prezintă încă unele aspecte neştiinţifice.

Colectorul se compune din următoarele repere :

Lamelele de cupru alternate cu lamele de micanit, două manşete izolante, un cilindru izolant, butucul colectorului, inelul de strângere şi buloanele de strângere (pentru colectori mai mici, piuliţă de strângere cu şurub de fixare).

Lamelele de cupru au profil trapezoidal. Ele trebue să corespundă prescripţiilor GOST 3568-47. Cuprul este electrolitic de duritate mare (minimum 75° Brinell). Incercarea de duritate se face cu o bilă cu diametrul de 5 mm, sub o sarciră de 250 kg timp de 30″, sau su o bilă de 2,5 mm sub o sarcină de 62,5 kg pentru grosimi medii de cupru sub 3 mm. Deoarece nu a apărut încă un standard de stat respectiv, este necesară utilizarea GOST-ului sau alcătuirea unor caiete de sarcini pe această bază, care să servească la recepţie, în prezent neacordându-se — în mod greşit — suficientă atenţie acestui aspect.

Forma profilului are o importanţă deosebită. Profilul trapezoidal trebue să fie corect şi să corespundă toleranţelor de grosimi. Prin abaterea dela grosimea nominală, pentru un profil foarte gros se obţine un diametru mare de colector cu o slăbire puternică a cozii de rândunică, pentru un profil foarte subţire se obţine un diametru mic pentru prelucrările ulterioare.

In fig. 1 se arată profilul lamelei de cupru. Colectorul finit este reprezentat punctat. Surplusul pentru tăiere $\Delta l = 3$ mm pentru $a > 6$ mm. Pentru $a \leqslant 6$ mm lamela se ştanţează.

Recepţionarea cuprului de colector, în ceeace priveşte forma, trebue să se facă cu şabloane speciale, desenate în fig. 2. Şablonul se execută din OL—80.

Dimensiunile a, b, h, R și r, se iau de pe desenul profilului de cupru. Celelalte dimensiuni din fig. 2 se calculează în modul următor:

$D = b + 6$ mm (rotunjit în cifre întregi).
$c = 0{,}5\ D + 6$ mm (idem)
$e = 0{,}5\ a$ (rotunjit la 0,5)
$f = 0{,}5\ b$ (idem)
$m = e - 0{,}5$ mm
$n = f + 0{,}5$ mm

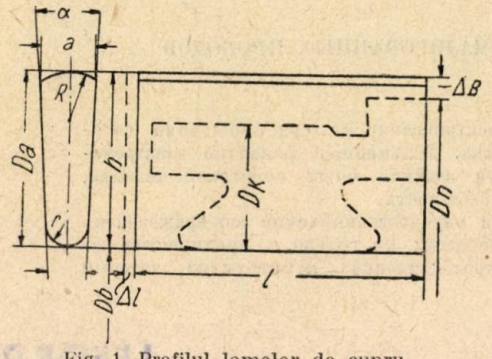


Fig. 1. Profilul lamelor de cupru.

Pentru dimensiunile A, Δa și Δb se dă tabela 1.

Tabela 1

h	10...19	20...29	30...39	40...59	60...79	Peste 80
forma / dimensiuni	I	I	I	I	II	II
A	70	80	90	110	130	150
Δa	0,5	1,0	1,5	2,0	2,0	2,0
Δb	0,25	0,50	0,75	1,0	1,0	1,0

La executarea acestor șabloane se iau în calcul toleranțele admisibile ale profilului de cupru, conform tabelei 2.

Tabela 2

„a" în mm	Toleranța dimensiunii „a" în mm		„h" în mm	Toleranța dimensiunii „h" în mm
	Clasa 5	Clasa 6		
Până la 3	−0,04	−0,06	Până la 18. .	−0,2
Peste 3 până la 6	−0,05	−0,08	Peste 18...30	−0,3
Peste 6 până la 10	−0,06	−0,10	Peste 30...50	−0,6
Peste 10 până la 19	−0,07	−0,12	Peste 50...80	−0,8
→	—	—	Peste 80...105	−1,0

Pentru dimensiunea „a" (fig. 2) se dau două coloane după cum execuția se prevede a se face în clasa 5 sau 6 de precizie (clasele de precizie după STAS). Clasa 5, se alege pentru cazul când unghiul α al profilului $\leqslant 2^0$ și clasa 6 pentru $\alpha > 2^0$. Dacă am insistat asupra șablonului de dimensiuni, aceasta se datorește faptului că recepționarea cuprului se face în întreprinderile noastre pe baza măsurării cu micrometrul, măsură care evident este neprecisă.

Lamelele de micanit ale colectorului se execută conform GOST 2196-43, fie din mica-flogopit, fie din mica-muscovit, fiind foarte tare. Lipirea foilor de mică se face cu lac melaminogliftalic sau shellac. Condiții severe se pun cu privire la conținutul de rășini al micanitei și la comprimarea acesteia prin presare. Conținutul de rășini trebue să fie mai mic de 4% pentru micanitul fabricat din mica-flogopit și 6% pentru muscovit. Compresiunea la 600 at și 160 °C trebue să fie de maximum 5% pentru micanitul fabricat din mica flogopit și 7% pentru muscovit. Tensiunea minimă de străpungere la care trebue să reziste este de 7 kV_{ef}/mm pentru micanit până la 2 mm grosime și 15 kV_{ef}/mm peste 2 mm grosime.

Grosimea micanitului poate fi de 0,6, 0,8, 0,85, 0,9, 0,95, 1,0, 1,06 și 1,1 cu toleranțe de $^{+0{,}03}_{-0{,}05}$ și în puncte izolate $^{+0{,}05}_{-0{,}10}$ mm pentru flogopit, iar pentru muscovit ± 0,05, respectiv ±0,1 mm.

Lamela de micanit se ștanțează conform fig. 3.

Pe figură $\Delta B = 3$ mm pentru $\Phi_{colector} \leqslant \leqslant 400$ mm; $\Delta B = 4$ m pentru $\Phi_{colector} > 400$ mm; $\Delta C = 3{,}5$ mm pentru $\Phi_{colector} \leqslant 400$ mm și 5 mm pentru $\Phi_{colector} > 400$ mm.

Se caută să se obțină un plan de tăiere cât mai economic în așa fel încât să rămână mai puține deșeuri.

În caz că partea eșită este mai mică de 6 mm, lamela se ștanțează dreptunghiular. Menționăm aci importanța deosebită care trebue acordată sortării micanitei.

Fiecare lamelă trebue măsurată în 2...4 puncte și se sortează în două grupe: micanit cu toleranțe pozitive (până la +0,05 mm) și micanit cu toleranțe negative (până la −0,05 mm).

Lamelele cu toleranța grosimii mai mare de ± 0,05, se rebutează. Lamelele astfel sortate se strâng în pachete de câte 100 bucăți și se așează într'un dispozitiv pe platoul presei hidraulice, presându-se cu forța de 0,3 A tone, unde A este suprafața lamelei în cm². Se măsoară sub presiune grosimea pachetului în 2...3 puncte. Media măsurătorilor împărțită la 100 reprezintă grosimea medie a lamelelor. Aceasta se înscrie pe o etichetă care se agață de pachet. Operațiunea arătată se face pentru toți colectorii cu un număr de lamele mai mare decât 100.

Cuprul de colector se primește de fabrica constructoare gata profilat în fâșii de diferite lungimi (câțiva metri). Acestea se îndreaptă cu ajutorul unui mâner, răsucind fâșia de cupru în sensul invers al deformării ei. Fâșia se trece

pentru aceasta printr'o fantă într'un fier cornier. Fâşiile se taie în dimensiunea necesară lamelelor semifabricate.

Canalul frezat se cositoreşte pentru a asigura o bună lipire ulterioară a conductorilor de lamele. Grosimea stratului depus este de 0,2 mm

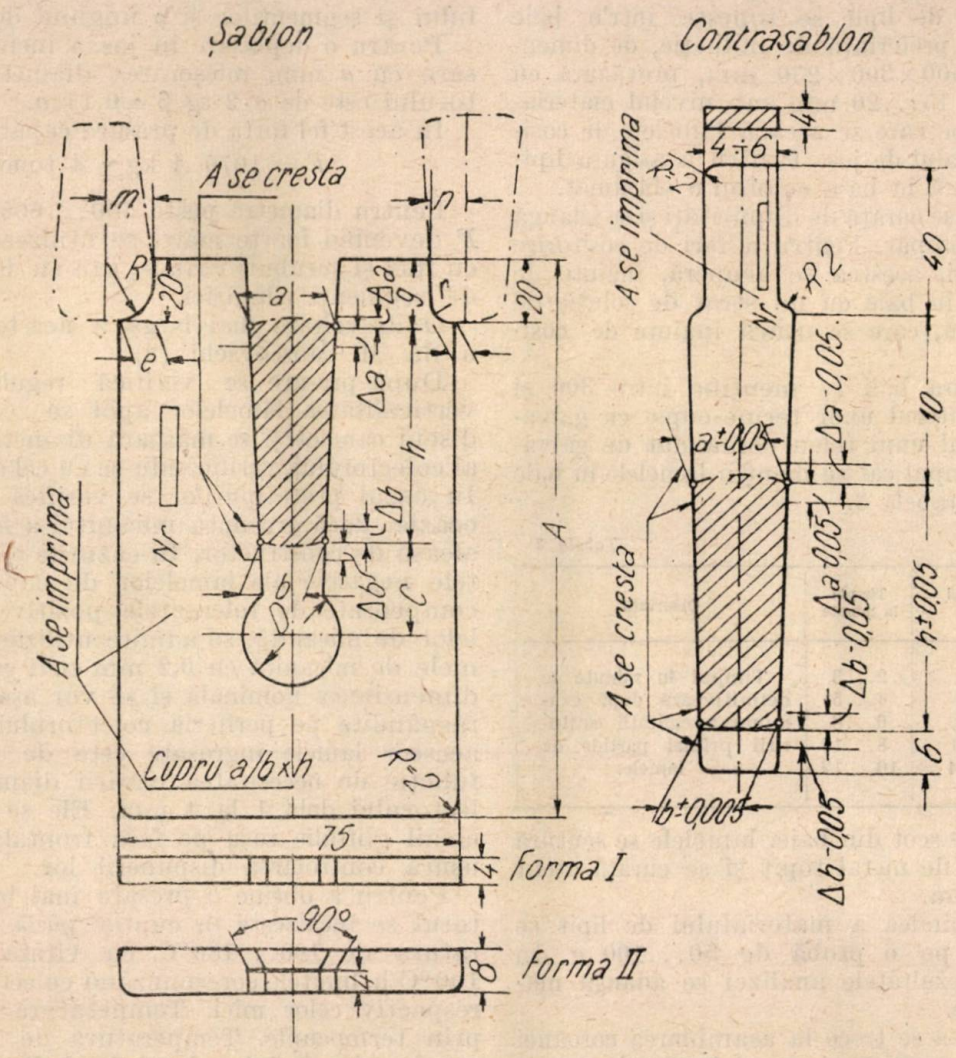


Fig. 2. Şablon pentru cupru de colector.

Dacă se dispune de o presă puternică, se preferă în tehnologia modernă ştanţarea lamelelor în loc de tăiere, ceeace asigură o productivitate mărită.

Odată astfel obţinute lamelele, ele se îndreaptă fie prin baterea lor una câte una, cu un ciocan de cupru pe o plită de fier, fie prin presarea unui pachet de lamele aşezate una sub alta, alternând marginile groase cu cele subţiri. Calibrarea se verifică cu un indicator (comparator) sub presă.

Lamelelor îndreptate li se frezează canalul în care se va face racordarea conductorilor maşinii, prin prinderea fiecărei lamele în două fălci puternice în stare a menţine piesa fixată perfect centrată pentru a nu obţine un canal excentric.

Forma justă a dinţilor frezei este următoarea : dinţii sunt de profil uşor trapezoidal, teşiţi alternat pe o parte sau alta. Pasul dinţilor ~ 12 mm.

pe pereţii canalului şi 0,05 mm pe feţele conductorilor (suma ambelor laturi).

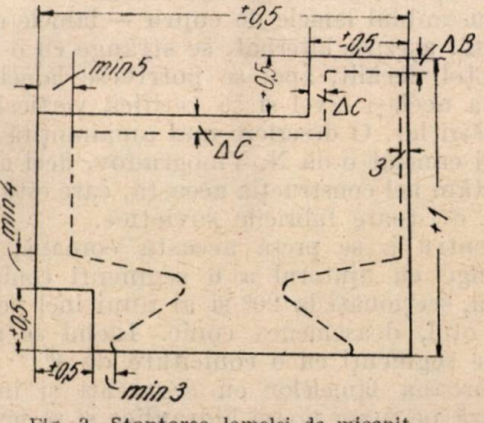


Fig. 3. Stanţarea lamelei de micanit.

Steguleţul este dimensionat în aşa fel încât să se obţină o densitate de curent de 0,2 A/mm².

De obicei, materialul de lipit cu care se cositoresc aceste canale conține 20...30% Sn, 1,5 ...2% Sb., restul Pb. Impurități maximum : 0,15% Cu, 0,1% Bi, 0,05% As.

Materialul de lipit se topește într'o baie electrică, de preferință de inducție, de dimensiuni circa 500×300×250 mm, prevăzută cu un grătar la 15...20 mm sub nivelul materialului topit, pe care se așează lamelele de cositorit cu canalul de jos. Pentru a asigura lipirea, se presară în baie colofoniu sfărâmat.

Zilnic baia se curăță de impurități și se adaugă colofoniu proaspăt. Pentru a feri de cositorire fețele lamelei, acestea se acoperă, înainte de așezarea lor în baie cu un strat de soluție de var sau cretă, care se usucă înainte de cositorire.

Temperatura băii se menține între 300 și 350° C cu ajutorul unor termo-cuple cu galvanometru și al unui releu comandat de galvanometru. Timpul cât se mențin lamelele în baie este dat de tabela 3.

Tabela 3

Grosimea lamelei în mm	Timpul în minute	Observații
Dela 2 la 4	2...3	Timpul în minute se definitivează după examinarea calității cositoririi primei partide de lamele.
4 la 6	4...5	
6 la 8	6...8	
8 la 10	8...10	
10 la 14	10...12	

După ce se scot din baie, lamelele se scutură de surplusul de metal topit și se curăță atent fețele acestora.

Analiza chimică a materialului de lipit se face lunar, pe o probă de 50...100 g. In funcție de rezultatele analizei se adaugă material în baie.

Inainte de a se trece la asamblarea coroanei lamelelor, se verifică evazarea bordurilor canalului, care se îndreaptă fie prin lovituri ușoare de ciocan, fie prin presare, ca mai sus.

Asamblarea coroanei lamelelor se face pe un disc special canelat, care este prevăzut cu atâtea șanțuri, câte lamele are colectorul.

Ansamblul lamele de cupru — lamele de micanită, așezate alternat, se strânge cu o sârmă de oțel decălit, apoi se potrivesc lamelele să fie la același nivel și se verifică verticalitatea așezării lor. O descriere mai amănunțită a discului canelat o dă N. Vinogradov, deci nu mai repetăm aci construcția aceasta, care este adoptată de toate fabricile sovietice.

Pentru a se presa această coroană, ea se strânge cu ajutorul a 6 segmenți conici din fontă, secționați la 20° și al unui inel periferic din oțel, deasemenea conic. Inelul se așează peste segmenți cu o conicitate de 4°.

Coroana lamelelor cu segmenți și inel, se așează pe masa presei hidraulice și se presează cu o presiune specifică de 350 kg/cm² (în cazul unghiului de 4°). Forța de presare este A tone, unde A reprezintă suprafața laterală a lamelei de colector în cm². Valoarea aceasta rezultă din calculul următor al forței de presare :

$F = 2\pi A \cdot p \cdot \operatorname{tg}(\beta + \rho)$, unde presiunea specifică $p = 350$ kg/cm², $\beta = 4^0$ conicitatea inelului și segmenților și ρ unghiul de frecare.

Pentru o deplasare în jos a inelului de presare cu a mm, micșorarea diametrului colectorului este de $a \cdot 2 \operatorname{tg} \beta \cong 0{,}14 . a$.

In acest fel forța de presare capătă expresia :

$$F = 1070\ A \text{ kg} \cong A \text{ tone}$$

Pentru diametre peste 500...600 mm, forța F devenind foarte mare, se utilizează presarea cu inel și șuruburi radiale, sau cu două rânduri de segmenți cilindrici.

O desvoltare mai largă a acestei chestiuni o dă M. Moscovschi (2).

După presare se verifică regularitatea și verticalitatea lamelelor apoi se scoate de pe discul canelat și se măsoară diametrul exterior al colectorului, verificându-se cu cel de pe desen. In cazul prototipurilor se verifică cu această ocazie dacă grosimea micanitei a fost judicios aleasă de constructor. In cazurile când toleranțele negative ale lamelelor de cupru nu sunt compensate de toleranțele pozitive ale lamelor de micanită, se admite utilizarea unor lamele de micanită cu 0,2 mm mai groase decât dimensiunea nominală și se vor așeza uniform răspândite pe periferia colectorului. Numărul acestor lamele îngroșate este de 16...64 în funcție de necesitatea măririi diametrului colectorului dela 1 la 4 mm. Ele se vor da cu email gliftalic roșu pe fața frontală pentru a ușura controlarea dispunerii lor.

Pentru a obține o presare mai bună, colectorul se încălzește în cuptor până la temperatura de 160...180°C, cu viteza de 40... 100°C/h, limitele corespunzând colectorilor mari, respectiv celor mici. Temperatura se verifică prin termocuple. Temperatura de 160° corespunde micanitului pe bază de shellac, 180° celui pe bază de gliftal. Cuptorul adoptat de tehnica sovietică este electric cu circulație de aer forțată, în circuit închis pentru a asigura o încălzire uniformă și rapidă. Trebue să remarcăm aici că în industria noastră s'a întârziat cu echiparea fabricilor cu asemenea cuptoare, încălzirea colectorilor făcându-se uneori în cel mai primitiv mod, cu lampa cu benzină. Remedierea acestei lacune se impune de urgență.

Colectorul se scoate din cuptor, se introduce imediat sub presă și se presează conform celor spuse mai sus ; se ia apoi de pe presă și se răcește până la 50°C. In stare rece se presează a treia oară numai colectorii mașinilor rapide, în mod identic ca mai sus. La presare, lamelele nu trebue să se deplaseze pe înălțime, adică micanita care depășește cuprul trebue să fie la același nivel.

Cuptorul în care se face încălzirea colectorilor are pereți dubli, umpluți cu asbest. Căruciorul pe care se așează colectorii este tras pe șine de un cablu acționat fie de o manivelă, fie de un electromotor. Ușa glisantă este ac-

ționată de o manivelă. Asemenea construcții de cuptoare se găsesc în diverse cărți de specialitate și nu mai insistăm asupra lor.

Este de notat că fără încălzire și presare, după procedeul de mai sus, în exploatare nu se poate obține o bună strângere a colectorului. Numai în acest fel se poate asigura ieșirea lacului din micanit și strângerea bună a colectorului.

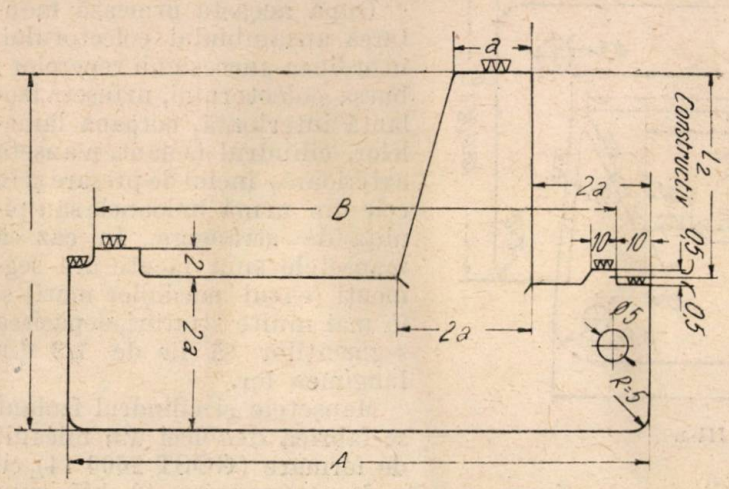


Fig. 4. Șablon pentru operația I-a.

Unele fabrici constructoare de mașini execută un număr repetat de încălziri. Se recomandă: 1) încălzire pentru $D_k < 200$ mm, 2) încălziri pentru $D_k < 550$ mm și 3) încălziri pentru $D_k > 550$ mm, unde D_k este diametrul colectorului. In cazul încălzirilor repetate, la primele încălziri se iau temperaturi mai mici decât 160...180 °C, cifra indicată anterior. Totul depinde de materiale și de tehnologia utilizată de întreprindere.

După strângerea în bune condițiuni a coroanei colectorului, se strunjește coada de rândunică, urmărind cu atenție desenul și procesul tehnologic prescris. La strunjire se va avea în vedere obținerea concentricității și a lipsei desaxării celor două cozi de rândunică.

Suprafața prelucrată se șlefuește cu pânză de emeri foarte fină. Suprafața interioară, precum și cea frontală dinspre steguleț, nu se strunjește. Având în vedere vitezele mari de tăiere (până la 100 m/s), este necesar un exhaustor pentru protecția muncii.

Pentru a se asigura o bună centrare a colectorului, strunjirea se face pe dispozitive speciale. Colectorul se prinde în trei bacuri culisante. Acestea se sprijină înăuntrul unei bucșe speciale pe un con, care se mișcă cu ajutorul unei piulițe. Arborele este adus în rotație cu ajutorul unui etrier normal. Asemenea dispozitive sunt deasemenea descrise detaliat în cărțile sovietice de specialitate (1).

Cuțitele pentru strunjirea colectorilor trebue să fie confecționate din oțel special sau mai bine din aliaje dure (stelit, pobedit, etc.) întrucât mica tocește foarte repede cuțitele.

Cuțitul se așează pe centru. Un asemenea cuțit din oțel rapid are muchea de tăiere rotunjită cu o rază „r" puțin mai mică decât raza cozii de rândunică (se are în vedere strivirea și elasticitatea materialului).

Pentru a ușura controlul execuției se construesc șabloane, care controlează profilul cozii de rândunică. Acestea se pot face de lungimi variabile sau fixe (ultimele pentru producție de serie) cu unul sau două conusuri.

Pentru cele patru operații principale care se fac la strunjirea coroanelor colectorului, se întrebuințează în producția de serie cele 4 șabloane arătate detaliat în fig. 4, 5, 6, 7. Ele se execută din OL 34 de grosime 4 mm. Se cementează.

Pentru felul în care se execută cele patru operații principale a se vedea și N. Vinogradov (1).

Dimensiunile: $A = D_b + 10$ mm
$B = D_b - 10$ mm

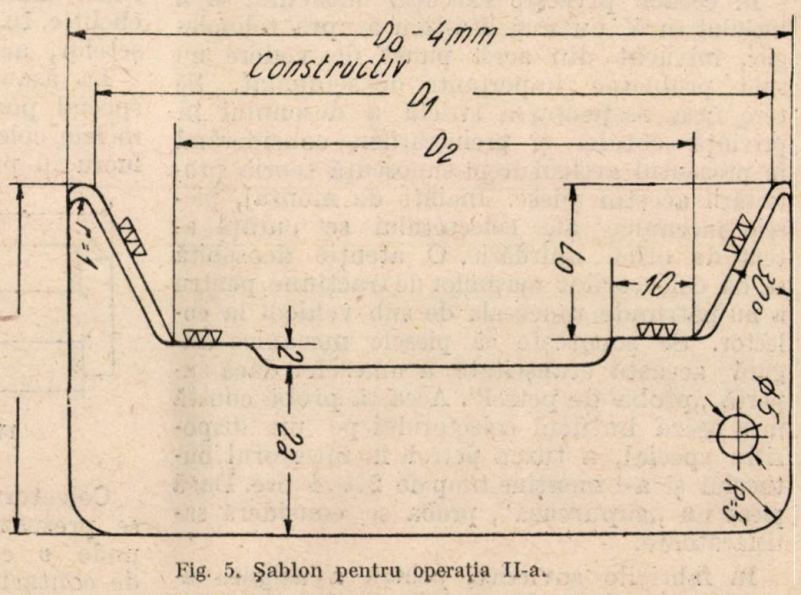


Fig. 5. Șablon pentru operația II-a.

Dimensiunea „a" este deasemenea funcție de D_b, unde D_b este diametrul interior al coroanei colectorului (tabela 4).

Tabela 4

„D_b" mm	„a" — mm
până la 150	15
peste 150...300	30
peste 300...500	40

Am insistat asupra confecționării acestor șabloane a căror construcție este normalizată în

întreprinderile sovietice, deoarece practica a arătat stricta lor necesitate. In industria noastră se impune deasemenea utilizarea acestor şabloane cu caracter obligator.

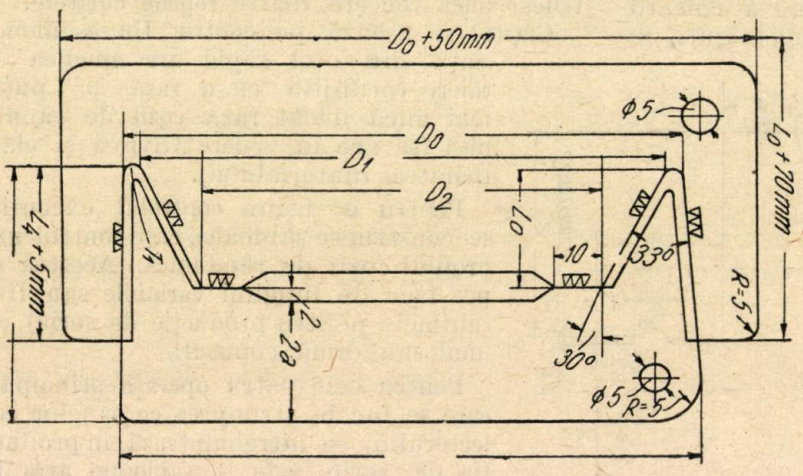


Fig. 6. Şablon pentru operaţia III-a.

După executarea „cozii de rândunică" colectorul se curăţă cu şabărul de grad şi cu particule metalice. Se şterge apoi cu o pensulă înmuiată în white-spirt sau alcool, suprafaţa prelucrată şi se suflă cu aer comprimat. Apoi se verifică cu lampa la scurtcircuit între lamele.

In ceeace priveşte execuţia butucului şi a inelului în V nu mai insistăm asupra tehnologiei, întrucât din acest punct de vedere nu sunt probleme importante de semnalat. Se cere însă respectarea strictă a desenului în privinţa cotelor şi prelucrărilor, considerând în prezentul articol drept cunoscută teoria proiectării acestor piese. Inainte de montaj, piesele mecanice ale colectorului se curăţă atent de orice murdărie. O atenţie deosebită se dă colectorilor maşinilor de tracţiune, pentru a nu pătrunde umezeala de sub vehicol la colector. Se socoteşte că piesele mecanice asigură această etanşeitate a umezelei dacă suportă „proba de petrol". Această probă constă în a aşeza butucul colectorului pe un dispozitiv special, a turna petrol în interiorul butucului şi a-l menţine timp de 2...4 ore. Dacă piesa nu „supurează", proba se consideră satisfăcătoare.

In fabricile sovietice, pentru a asigura această etanşeitate la maşinile de tracţiune, se vopsesc înainte de montaj interiorul coroanei lamelor, butucul colectorului şi inelul în V. Vopsirea se face cu email gliftalic roşu Nr. 2209 (1201-D), cu uscare la aer. Baza acestui email o constitue lacul gliftalic Nr. 154 (semifabricat). In ceeace priveşte maşinile cu funcţionare în mediu umed (marin etc.), vopsirea se face cu email gliftalic cenuşiu SPD (Nr. 2205) cu uscare la cuptor, care are deasemenea ca bază lacul gliftalic Nr. 154. Imbătrânirea la temperatură a acestui email este de minimum 10 ore la 150 °C, iar absorbţia de apă, după o şedere de 24 ore în apă, maximum 5%, uscându-se în prealabil la 150 °C timp de 3 ore. Uscarea detaliilor vopsite ale colectorului se face în cuptor timp de 1...2 ore la 150...160 °C (Numerele lacurilor sunt numerele oficiale date de fabricile sovietice producătoare).

După aceasta urmează montarea ansamblului colectorului, în ordinea succesiunii reperelor: bucşa colectorului, manşeta izolantă interioară, coroana lamelelor, cilindrul izolant, manşeta exterioară, inelul de presare şi în cele din urmă buloanele sau piuliţa de strângere. In caz că manşetele sunt făcute din segmenţi (cazul maşinilor mari) şi în mai multe straturi, depăşirea segmenţilor să fie de 1/3 din lungimea lor.

Manşetele şi cilindrul izolant se fabrică deobicei din micanit de formare (GOST 2666-44), cu tensiunea medie de străpungere 40 kV_{ef}/mm şi absorbţia de apă maximă 5%. Cele mai utilizate mărci sunt FM-I şi FF-I de 0,25 mm. Lipirea se face cu lac gliftalic. La maşinile de mai mică importanţă, manşetele se execută din micanit şi hârtie de cablu de 0,15 mm grosime. Hârtia se lipeşte cu lac gliftalic — bachelitic. In ceeace priveşte însăşi fabricarea manşetelor, aceasta o vom descrie cu alt prilej.

La asamblare se va verifica cu un şablon special poziţia canalului de pană faţă de lamelele colectorului, în caz că se prevede acest lucru în procesul tehnologic.

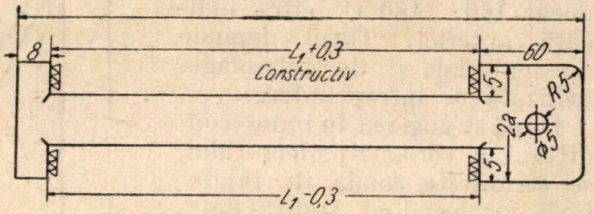


Fig. 7. Şablon pentru operaţia IV-a.

Colectorul asamblat se aşează sub presă şi se presează cu forţa $Q_c = 2{,}2 \cdot D \cdot v \cdot p$ în kg, unde v este protecţia pe orizontală a liniei de contact dintre lamelă şi manşetă (pe desenul secţiunii longitudinale a colectorului), D diametrul corespunzător mijlocului acestei linii, iar $p = 400...500$ kg. In timpul presării se va avea în vedere să nu se obţină o deviere dela verticalitatea lamelelor. Se strâng apoi sub presiune, şuruburile sau piuliţa până la refuz. Luând apoi de sub presiune colectorul se scot inelul şi segmenţii de strângerea coroanei, deasemenea cu ajutorul presei. Apoi interstiţiul dintre manşetă şi cupru se astupă cu un bandaj de sfoară impregnată cu lac bituminos şi se vopsesc părţile desvelite ale manşetelor cu email gliftalic roşu Nr. 2209 cu uscare la aer.

Pentru a feri aceste părți în timpul operațiilor următoare, ele se bandajează provizoriu cu bandă de bumbac. Se împănează apoi cu pene de lemn canalele din steguleţe. Se strunjeşte suprafaţa de lucru şi steguleţele colectorului, conform desenului constructiv. Această prelucrare se face pe un dispozitiv special. Aceasta constă din două bucşe conice care intră una în alta. Bucşa exterioară pe care se aşează colectorul este elastică, datorită tăieturilor speciale făcute în ea. Prin împingerea ei cu ajutorul unei piulițe, peste cealaltă bucşe conică masivă, ea „se umflă" şi fixează centric colectorul.

Prelucrarea aceasta se face până la diametrul $D_k + 2\ \Delta a$, unde Δa este surplusul pentru prelucrarea definitivă pe rotor şi are ca valori: 1,5 mm pentru $D_k < 400$ mm şi 2,0 mm pentru $D_k > 400$ mm (fig. 8). Celelalte dimensiuni din fig. 8 se referă la prelucrările anterioare ale colectorului şi anume:

pentru $D_k < 400$ mm: $\Delta B = 3$ mm, $\Delta C = 3{,}5$ mm, $\Delta L = 3{,}5$ mm, $\Delta E = 3$ mm
pentru $D_k > 400$ mm; $\Delta B = 4$ mm, $\Delta C = 5$ mm, $\Delta L = 4$ mm, $\Delta E = 3{,}5$ mm.

Pentru colectorii cilindrici (fără steguleț). ΔA se ia în considerare pentru întreaga lungime a colectorului.

Tăieturile punctate (pentru cazul ştanțării) se fac numai când $G_1 > 10$ mm, iar G_2 şi $G_3 > 8$mm.

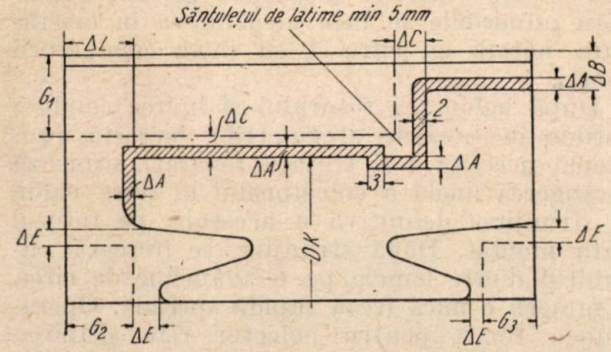


Fig. 8. Surplusul de prelucrare.

Colectorul se introduce în cuptor şi se încălzeşte la 150...160 °C (această temperatură se scade cu circa 20° dacă micanitul nu este fabricat cu lac gliftalic). Menținerea colectorului în cuptor se face timp de 1...4 ore, în funcție de mărimea dimensiunilor. Din cuptor colectorul se introduce direct sub presă, se presează cu forța Q_c de mai sus şi se strânge până la refuz. După ce se răceşte la 50°, se strânge din nou, dar mai slab. Strângerea buloanelor se face treptat şi pe rând.

Pentru colectorii până la 100 mm diametru se face o singură coacere; pentru colectorii cu diametrul între 100 şi 500 mm se fac două coaceri, peste 500 mm trei coaceri. Coacerile repetate se pot face cu temperaturile în creştere; în timpul presării se verifică verticalitatea lamelelor.

O coacere şi o strângere bună se verifică prin sunetul metalic şi clar pe care-l dă colectorul când este lovit cu un ciocan.

Pentru a se asigura mai bine strângerea, colectorii se centrifughează. Pentru a nu obține însă efecte dăunătoare, colectorii se echilibrează static, în prealabil, sudându-li-se greutăți de echilibrare. Centrifugarea constă în

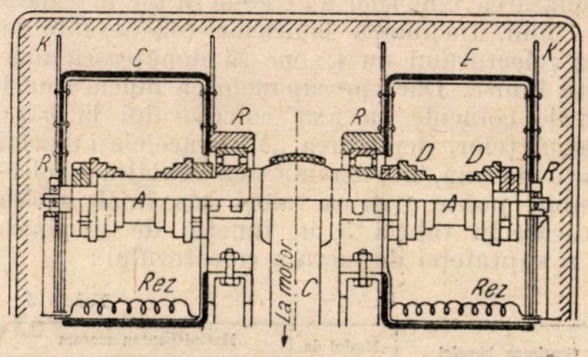


Fig. 9. Maşina pentru încercarea la forța centrifugă.

faptul că, colectorul este supus rotației în stare încălzită cu o viteză mai mare decât cea de funcționare normală. Prin aceasta nu numai că se verifică soliditatea construcției, dar lacul de prisos este asvârlit şi conurile se strâng mai bine. In acest mod avem posibilitatea să verificăm aşa zisa „rezervă de rezistență" pentru cazul când maşina este forțată să lucreze în regim de supraviteză. In fig. 9 se arată o asemenea maşină de centrifugat, pentru doi colectori deodată.

Rotația dela motorul de angrenare este transmisă prin cureaua C la arborele A, ce se învârteşte în lagăre cu role R. Pe conurile D se prind colectorii. Colectorii se acoperă cu capacul E şi cu plasa de sârmă K în timpul încercării. Rezistența electrică din interior menține o temperatură constantă în timpul încercării.

Există şi maşini de centrifugare individuale, cu ax vertical. Pereții camerelor acestor instalații se căptuşesc cu asbest sau vată de sticlă, pentru a împiedica radierea căldurii în afară. Temperatura colectorului în timpul încercării trebue să fie de 130...140 °C.

Inainte de centrifugare colectorul se încălzeşte în cuptor la temperatura de 130...140 °C, apoi se supune încercării timp de 15 minute, la o turație mărită şi anume: 300...340% la motoarele de macara; 240...270% la motoarele de tracțiune; 140...220% la maşinile normale (față de turația nominală). Valorile mai mici se iau pentru maşinile cu diametru mare şi pentru cele cu turație ridicată.

După centrifugare colectorul se presează din nou cu presa hidraulică şi se strâng buloanele sau piulița. In timpul presării temperatura nu trebue să scadă sub 110 °C. Maşinile cu viteza periferică de centrifugare a suprafeței de lucru a colectorului mai mare de 35 m/s se centrifughează de două ori. După fiecare centrifugare colectorul se presează şi se strânge. Această

operație se repetă când colectorul se răcește până la 50°.

Colectorul se așează din nou pe strung, pe dispozitivul special despre care am vorbit și i se prelucrează suprafețele frontale, după care se scot penele de lemn din canalele steguleților.

Cu aceasta colectorul se consideră terminat.

Controlul care se face este mecanic și electric. Deplasarea lamelelor nu trebue să fie mai mare de 1 mm. Inclinarea lamelelor (elicea) față de axa colectorului nu trebue să depășească anumite limite. Dacă presupunem că muchea unei lamele coincide cu axa colectorului la baza steguleților, deplasarea „*b*" a aceleiași muchii față de axă, la extremitatea cealaltă a colectorului, poate avea ca valori maximale acelea indicate în tabela 5, în funcție de lungimea L a suprafeței de lucru a colectorului :

Tabela 5

Grosimea lamelei de colector la suprafața de lucru mm	Mașini de tracțiune și normale „*b*" mm	Mașini pentru macara	
		ptr. $L \leqslant 125$ mm „*b*" mm	ptr. $L > 125$ mm „*b*" mm
până la 8	1,0	1,0	1,5
peste 8	1,5	1,5	2,0

Se verifică deasemenea deplasarea lamelei față de canalul de pană al butucului colectorului. Excentricitatea „a" dintre axa canalului de pană și axa lamelei nu poate depăși valorile măsurate la mijlocul suprafeței de lucru a colectorului din tabela 6 :

Tabela 6

Grosimea lamelei colectorului la suprafața de lucru mm	Mașini fără suport pentru deplasarea periilor „*a*" mm	Mașini pe suport pentru deplasarea periilor „*b*" mm
până la 8	1,0	1,5
peste 8	1,5	2,0

Măsurarea lui „*a*" nu se face pentru colectorii mașinilor cu conductori morți, decât după montarea lor pe colector.

Controlul electric al colectorilor constă din două probe : încercarea la străpungere și încercarea la scurtcircuit între lamele.

La încercarea la străpungere (masă) se scurtcircuitează toate lamelele, legându-se cu o sârmă. Intre lamele și butuc se aplică timp de un minut tensiunea conform tabelei 7 :

Tabela 7

Tensiunea de izolare a mașinii în volți	până la 30	50...150	151...400	401 700	701 850	1500 1650	3000 3300
Tensiunea de încercare în kV	1,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,5	10,5

In caz de străpungere, colectorul se demontează și se refac operațiile de montaj.

La încercarea la scurt circuit între lamele se folosesc timp de 1...3 secunde tensiunile conform tabelei 8.

Tabela 8

Grosimea izolației dintre lamele în mm	0,6	0,8	1,0
Tensiunea de încercare kV	300	400	500

După aceasta urmează în continuare asamblarea mașinii. In timpul procesului de montaj, voim să menționăm doar câteva aspecte referitoare la colector.

După împachetarea tolelor rotorului și montarea colectorului pe ax se verifică deplasarea lamelor colectorului față de crestăturile rotorului. Excentricitatea „*c*" dintre axul crestăturii și axul lamelei care trebue să coincidă conform indicației schemei de bobinaj nu trebue să depășească valorile din tabela 9.

Tabela 9

Grosimea lamelelor la suprafața de lucru în mm	Mașini fără suport pentru deplasarea periilor „C" mm	Mașini cu suport ptr. deplasarea periilor „C" mm
până la 4 .	1,25	2,0
peste 4—8	1,5	2,5
peste 8	2,0	3,0

Măsurarea acestei excentricități se face la mijlocul înălțimii suprafeței de lucru a colectorului față de axa în lung a pachetului rotoric. In cazul mașinilor cu conductori morți, respectarea valorilor maximale ale excentricității admisibile se face alegând ca în crestătura notată cu cifra 1 să intre conductorii morți.

După bobinarea rotorului și lipirea conductorilor în canalele steguleților (această problemă necesită a fi tratată separat), urmează strângerea finală a colectorului în stare caldă și strunjirea definitivă a acestuia, pe rotorul gata montat. După strunjire, se frezează micanitul dintre lamele pe o adâncime de circa 1 mm cu o mică freză rapidă specială. Operațiunea finală pentru colector este șlefuirea acestuia și teșirea marginilor șanțului dintre lamele cu 0,2 mm × 45°, spre a micșora uzura periilor.

* * *

In timpul procesului fabricării colectorilor și asamblării lor se va avea în vedere realizarea următoarelor cerințe :

a) Forma cilindrică a suprafeței colectorului finit și lipsa oricăror bătăi. Toleranțele admisibile sunt : bătaie maximă 0,02 mm pentru $D_k < 250$ mm ; 0,03...0,04 mm pentru $D_k < 600$ mm și 0,05 mm pentru $D_k \geqslant 700$ mm.

Conicitatea maximă 0,1...0,2 mm la întreaga lungime a colectorului. Ondulațiuni în lungul axei maxim 0,05 mm.

b) Perpendicularitatea suprafețelor frontale față de axa de rotație. Bătaia acestor suprafețe max. admisibilă de 0,1...0,5 m.

c) Simetria așezării lamelelor și pasul identic la colector. Toleranța dimensiunii pasului polar

pe colector este de deobicei 1 lamelă de micanit. Fabrica „Electrosila" recomandă 1/3 din grosimea unei lamele de cupru.

d) Paralelismul lamelelor cu axa colectorului. Se admite o deformare helicoidală conform valorilor indicate mai sus pentru „*b*".

e) Calitatea suprafeței. Suprafața trebue să fie perfect uniformă, netedă și strălucitoare. Diferențe admisibile max. 1,5 microni.

f) Starea izolației colectorului trebue să corespundă normelor.

g) Durabilitatea lipirii conductorilor în canalele steguleților colectorului. Aceasta se asigură dacă fabricarea are loc în mod strict conform prescripțiilor de producție, având în vedere că aceasta este una din părțile cele mai delicate ale mașinii.

In concluzie putem spune că fabricarea colectorului necesită un proces tehnologic și lung și dificil, precum și dispozitive și scule speciale. Actuala fabricație a colectorilor, care reprezintă poate partea cea mai gingașă a mașinilor electrice, suferă încă de multe deficiențe în industria electrotehnică din țara noastră. Numai asimilarea cât mai rapidă a tehnicii moderne sovietice poate asigura mersul înainte al producției de bună calitate a mașinilor electrice din industria noastră socialistă. Scopul prezentului articol este tocmai de a aduce o contribuție în acest sens, descriind practica uzinelor sovietice constructoare de mașini, așa cum am cunoscut-o la fața locului.

Bibliografie

Vinogradov N. V., Tehnologia fabricației de mașini electrice Moscova - Leningrad 1948 G.E.I.
Moscovschi M. I., Tehnologia construcției de mașini electrice Moscova Leningrad 1947.
Suhomcov F. I., Tehnologia producției de bobinaj și izolație. 1951.

★

ПРОИЗВОДСТВО КОЛЛЕКТОРОВ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

Резюме

В этой статье описывается технология фабрикации коллекторов электрических машин постоянного тока на основании технологии применяемой на соответствующих советских заводах. Кроме технологии описываются и основные условия которым должны соответствовать материалы употребляемые для конструкции коллекторов. Статья может послужить справочником для улучшения технологии на наших электромашиностроительных заводах.

N O T E

COMPENSAREA CURENTULUI DE MAGNETIZARE LA RELEE DE MARE SENSIBILITATE

Ing. A. SEMLYEN

La construirea releelor pentru curenți foarte mici, folosite de exemplu la protecția împotriva punerii la pământ, cum ar fi unele relee cu armătura *Z* (fig. 1), se pune problema reducerii în măsură cât mai mare a puterii aparente necesare pentru acționarea lor.

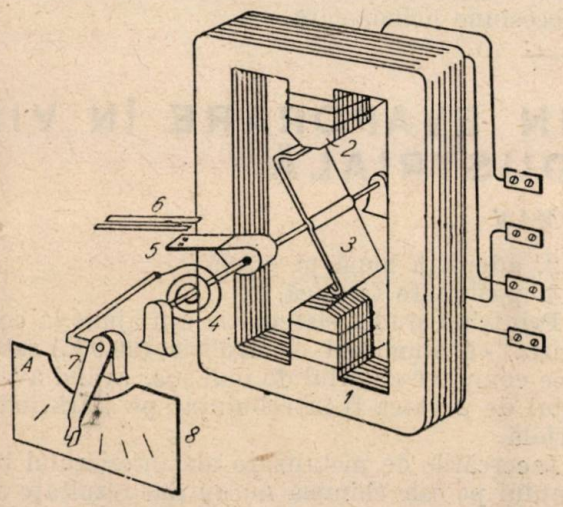


Fig. 1. Releu maximal, tip sovietic, fără înfășurare de compensare.

Releul *Z* necompensat din fig. 1, are două înfășurări de comandă (2) puse pe miezul (1). Armătura mobilă (3) are forma literei *Z* cuplul rezistent este dat de resortul (4), iar tensiunea în acest resort, deci și curentul de acționare, se reglează dela I_{min} la 2 I_{min} prin deplasarea punctului fix al resortului. Valoarea curentului (corespunzător bobinelor puse în serie), se indică pe cadranul (8) de către arătătorul (7). Circuitul comandat se închide cu contactele (5) și (6).

Curentul maxim de acționare corespunde celor două înfășurări puse în paralel.

Avem în cazul extrem $I_{max} = 4\, I_{min}$.

Pentru producerea fluxului magnetic util Φ (fig. 2), este necesar un curent de acționare I_{10}, care are două componente: I_μ în fază cu fluxul și I_f defazat cu 90^0 înaintea lui Φ.

Teoretic există posibilitatea de a compensa curentul de magnetizare direct la bornele releului cu un condensator.

Dacă însă ținem seamă de faptul că, tensiunea la borne este de aproximativ 1 V, ne dăm seama

de capacitatea necesară pentru a compensa curentul de magnetizare care chiar dacă este de câteva zeci de miliamperi, ar fi prea mare.

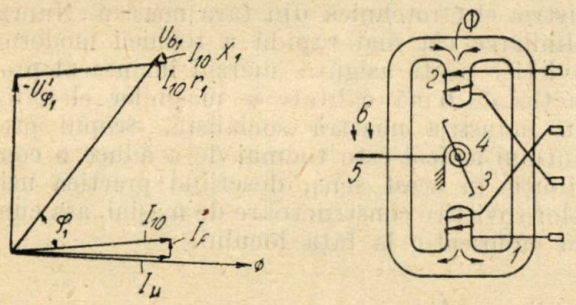


Fig. 2. Diagrama vectorială şi schema unui releu sovietic.

Soluţia indicată în fig. 3, rezolvă problema prin aplicarea unei înfăşurări secundare, la care se conectează un condensator.

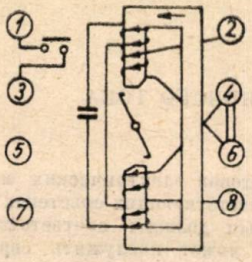


Fig. 3. Releu *Z*, tip sovietic, cu înfăşurarea de compensare.

Releul compensat se comportă ca un transformator, a cărei diagramă este dată în fig. 4. Aci mărimile din secundar sunt reduse la primar, astfel curenţii din cele două înfăşurări se pot aduna direct.

Se vede din diagramă, că există posibilitatea, la alegerea corespunzătoare a elementelor de compensare (bobina secundară şi condensatorul), să se reducă considerabil curentul de acţionare. Releul compensat primeşte dinspre primar aproape numai putere activă (necesară pentru acoperirea pierderilor), puterea reactivă pentru magnetizare fiind dată de condensator, a cărui capacitate apare în schema echivalentă mă-

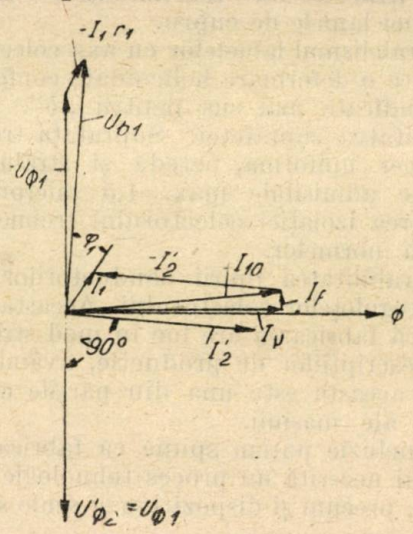


Fig. 4. Diagrama vectorială a unui releu sovietic.

rită în raportul $\left(\frac{W_2}{W_1}\right)^2$.

Comparând diagramele din fig. 2 şi 4, constatăm, că în cazul releului necompensat curentul este de aproximativ 5 ori mai mare iar tensiunea la borne de 1,2 ori. Astfel puterea aparentă s'a redus prin compensare de 6 ori.

Datele tehnice ale unui releu de tip sovietic sunt :

$I_{min} = 0{,}01$ A
$Z = 80\ \Omega$
$P_{ap} = ZI^2 = 80.0{,}01^2 = 0{,}008$ VA

Releul poate fi întrebuinţat, conform indicaţiilor sovietice, în circuitele secundare ale protecţiei contra punerii la pământ a maşinilor de înaltă tensiune (generatoare şi motoare), care lucrează în reţele cu un curent mic la ajungerea la pământ. Curentul de acţionare se obţine dela transformatoare sau filtre de curent de succesiune homopolară.

DESPRE ALUMINAREA PRIN EVAPORARE ÎN VID PE SCARĂ INDUSTRIALĂ

Ing. A. BERMAN

Studiul lămpilor cu radiaţii infraroşii a ridicat o serie de probleme complexe, printre care cea mai importantă, este aceea a depunerii unui strat metalic cu factor de reflexie ridicat pentru radiaţiile infraroşii de lungime de undă între 1...2 μ, în interiorul balonului lămpii.

Sursa radiantă alcătuită dintr'o spirală de wolfram încălzită la 2200°K, este plasată în focarul unui balon de sticlă, de formă parabolică metalizat în interior. Stratul metalic trebue să corespundă următoarelor condiţii :

1. factor de reflexie ridicat pentru radiaţiile cuprinse în domeniul lungimilor de undă între 1...2 μ;
2. aderenţă bună pe sticlă ;
3. pasivitate termică.

Printr'un studiu sistematic am ajuns la concluzia că aluminiul electrolitic (99,9 %) satisface complect criteriul de mai sus, având avantajul de a putea fi întrebuinţat pe scară industrială.

Incercările de metalizare ale interiorului balonului pe cale chimică nu au dat rezultate satisfăcătoare, întrucât stratul metalic reflectă în parte difuz. Rezultate excelente au fost obţinute întâi în laborator şi apoi în producţie, într'o instalaţie pilot, prin metalizarea prin evaporare în vid. Deşi procedeul de depunere

de metale pe sticlă prin evaporare în vid este bine cunoscut, până în prezent el nu a fost aplicat în nicio industrie din țară, în producția de masă. In prezent el este în curs de aplicare la lămpile pentru radiații infraroșii.

Metalizarea părții interioare a balonului se face condensând pe pereții acestuia vapori metalici de aluminiu proveniți din încălzirea aluminiului într'o spirală de wolfram.

Spirala de wolfram pe care se găsește aluminiul ce trebue evaporat, se află în interiorul balonului, presiunea convenabilă obținerii unei bune oglinzi fiind 10^{-4} mm Hg.

Materialul din care au fost confecționați susținătorii spiralei în interiorul balonului ce trebue metalizat a fost tratat pentru a nu degaza în timpul procesului de evaporare. Deasemenea trebue făcută o degazare a aluminiului, anterioară metalizării, la o presiune de 10^{-2} mm Hg.

Pentru mărirea aderenței metal-sticlă, balonul pe care se face depunerea trebue spălat cu un amestec oxidant și degazat.

Procedeul de metalizare a suprafețelor se aplică pe scară industrială pentru: metalizări de baloane, metalizări de oglinzi cu fața anterioară reflectantă (oglinzi de telescop, etc.), precum și pentru acoperirea suprafețelor netede cu diferite alte metale ca: aur, argint, cupru, selen, bismut, cadmiu, etc.

C R O N I C A

EXPOZIȚIA „ECONOMIA PLANIFICATĂ A R. P. R. IN PLIN PROGRES"

Ing. V. CIOFU

Expoziția „ECONOMIA PLANIFICATĂ A R. P. R. ÎN PLIN PROGRES" este o imagine grăitoare a politicii Partidului Muncitoresc Român de electrificare și industrializare a țării noastre. Ea oglindește mărețele succese obținute de clasa muncitoare condusă de partid, în anii democrației populare, în toate sectoarele economice.

Economiștii burghezi, în încercarea lor de a justifica ținerea țării noastre la cheremul trusturilor străine, susțineau teza după care România trebue să fie o țară „eminamente agricolă", în care industrializarea nu este posibilă și nici necesară.

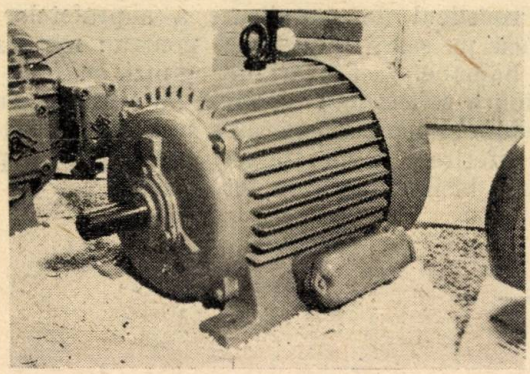
Cât despre electrificare, aceasta era o problemă agitată în mod demagogic de diferiți politicieni ai burgheziei, ea rămânând de fapt la discreția companiilor electrice străine, care frânau orice inițiativă de progres și ale căror interese s'au dovedit a fi totdeauna împotriva desvoltării industriale a țării. La 23 August 1944, eliberată de Armatele Sovietice victorioase, clasa muncitoare a putut păși sub conducerea Partidului Comunist din România la doborîrea dictaturii fascisto-antonesciene.

Partidul clasei muncitoare, înlăturând burghezia reacționară și cucerind puterea politică în Stat, a urmat cu consecvență exemplul gloriosului Partid Comunist al Uniunii Sovietice în politica de electrificare și industrializare a țării. Incă la Conferința Națională a P.C.R., în toamna anului 1945, Partidul a înscris printre obiectivele sale de perspectivă electrificarea țării. Actul naționalizării înfăptuit în 1948 a constituit o lovitură puternică dată burgheziei reacționare dela noi și capitaliștilor străini ce stăpâneau industria noastră, a constituit o cotitură de importanță istorică în desvoltarea țării. De unde înainte de naționalizare nu se putea vorbi de fapt de o industrie electrotehnică, astăzi ne putem mândri cu o puternică industrie producătoare de mașini și aparate electrice și o industrie energetică în plin progres. Partidul și guvernul nostru, îndrumând țara pe drumul economiei planificate și primind în permanență ajutorul multilateral al Uniunii Sovietice, au creat premizele trecerii la primul plan cincinal, la mărețul plan de electrificare a țării. Astăzi, planul de electrificare este cauza pentru care luptă oamenii muncii din țara noastră, pentru a întări puterea economică a țării, pentru a ridica nivelul material și cultural al masselor muncitoare. „Planul de electrificare a țării și de folosire a apelor exprimă voința de pace a poporului nostru" — spunea tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej în raportul asupra planului de electrificare. „Electrificarea și folosirea apelor patriei noastre este o sarcină de căpetenie a partidului nostru".

* * *

La intrarea în pavilionul central al expoziției, se deschide o minunată perspectivă, care

umple de mândrie pe orice om cinstit. Vizitatorul se găseşte în faţa unei realizări, bogată prin semnificaţie şi conţinut, grandioasă prin dimensiuni. Pe pasajul de sus se pot vedea grupuri compacte de vizitatori care admiră în deosebi sectorul industriei grele, din fund, şi cel al industriei electrotehnice, din faţă. Şu-

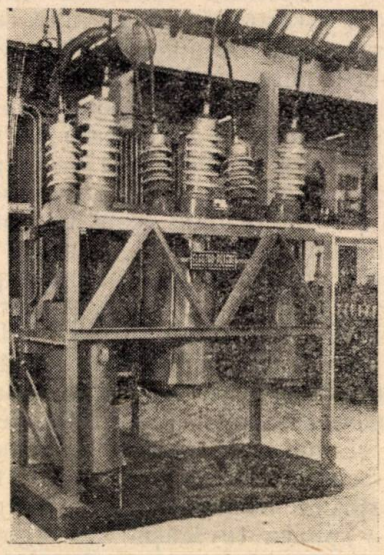


Motor asincron construcţie capsulată

voiul de vizitatori din toate colţurile ţării este nesfârşit, umplând pavilioanele de dimineaţă până seara târziu.

Ceeace atrage atenţia în mod deosebit în sectorul nostru sunt maşinile electrice şi staţia de transformare. Pe construcţia cea mai impunătoare — motorul de 1000 kW — se poate citi dela distanţă „Electroputere-Craiova"; deasemenea şi pe transformatorul de 5600 kVA şi pe întrerupătorul automat în ulei de 35 kV (I. U.-35) şi pe altele.

Nu este mult de când la marginea Craiovei şedeau părăsite în bătaia vântului nişte clă-



Intrerupător a tomat în ulei 35 kV 6000 A 400 MVA

diri mari. Incepute şi neterminate, bombardate apoi de fasciştii germani, aşa îşi amintesc Craiovenii despre începutul halelor fabricii „Electroputere". In anii democraţiei populare, aceste clădiri au fost reconstruite într'un timp foarte scurt. Cu câtă emoţie vorbesc muncitorii de ziua în care tovarăşul Gheorghe Gheorghiu-Dej personal a venit la Craiova şi le-a arătat perspectiva ce se deschide noii fabrici de maşini electrice „Electroputere". Curând au început să sosească maşini-unelte din Uniunea Sovietică şi maşini-unelte fabricate la noi în ţară şi în ţările de democraţie populară. Ţăranii din jurul Craiovei se îndreptau spre noua uzină, şcolile de calificare au început să funcţioneze. Tehnicieni şi ingineri din alte centre industriale ale ţării se îndreptau spre noua fabrică. Un grup masiv de muncitori, tehnicieni şi ingineri veneau dela specializare din U.R.S.S. La sfârşitul lunii Aprilie 1951, au fost fabricaţi primii separatori de 6 kV. De atunci, fabrica s'a desvoltat într'un ritm viu; astăzi, este cea mai mare fabrică electrotehnică din ţară. Se construesc acolo motoare de mare putere destinate industriei siderurgice, industriei de hârtie şi liniilor de ciment transformatori, generatori şi aparataj de înaltă tensiune. In altă parte, o gamă de transformatori de forţă, de o construcţie unitară, trezesc interesul vizitatorilor. Pe cuve, se poate vedea firma fabricii producătoare „Dinamo". Alături, o serie de generatori sincroni pentru electrificări rurale şi şantiere. Construcţia sudată, însuşită de fabrica „Dinamo", scoate în evidenţă concepţia nouă, economică şi raţională, care-şi croieşte drum în calculul şi construcţia maşinilor electrice. Pe graficul de lângă grupurile electrogene, se poate citi o creştere simţitoare a producţiei de generatori în anul 1952 faţă de 1951. Sus, pe pereţii expoziţiei se găsesc fotografiile stahanoviştilor de frunte din sector. Cine nu cunoaşte pe stahanovistul Mateica Ion dela „Dinamo", care lucrează în contul lunii Martie 1960? El îşi aminteşte cu amărăciune de vremurile, când pe locul unde se înalţă astăzi „Dinamo", fascisto-antonescienii lucrau avioane pentru războiul nefast împotriva Uniunii Sovietice. Faţa lui se luminează când — vorbind de istoricul fabricii „Dinamo" — evocă momentul când tovarăşul Gheorghe-Gheorghiu-Dej, iniţiatorul fabricii, a venit în mijlocul muncitorilor pentru a le vorbi despre importanţa planului de electrificare. Pe atunci, fabrica era încă mică, strungăria era într'o hală mică, prost iluminată. Astăzi, prin grija partidului şi cu ajutorul Uniunii Sovietice, s'a construit o hală nouă pentru strungărie, bine luminată, utilată cu maşini noi, în care — alături de Mateica — lucrează şi alţi stahanovişti de frunte ca David Vasile, Iordan Lazăr, Dombrovschi şi alţii. Ei aplică iniţiativa lui Nicolae Vasu de folosire maximală a tehnicii. Fabricarea gamei de transformatori de construcţie nouă este legată de aplicarea intensă a experienţei sovietice în munca de proiectare, introdusă în fabrică de inginerii întorşi dela specializare din U.R.S.S. cu vaste cunoştinţe şi cu o bogată documentaţie tehnică. Colectivul de proiectare dela „Dinamo" a reuşit să proiecteze astfel transformatori cu consumuri specifice mult mai reduse decât cele

vechi, aducând economiei naționale o însemnată economie de cupru și tablă silicioasă.

Motoarele, purtând eticheta fabricilor „Electroprecizia" și „Electromotor" destinate utilajelor industriale se remarcă prin construcția îngrijită de o înaltă tehnicitate. Palanul electric de 3000 kg este o nouă realizare a colectivului dela „Electromotor".

O mare varietate de aparate fabricate la „Electroaparataj", „Electromagnetica", „Electrotehnica" și celelalte întreprinderi arată că industria electrotehnică produce echipamentul electric complect, necesar industriei noastre, transportului și utilizării energiei electrice.

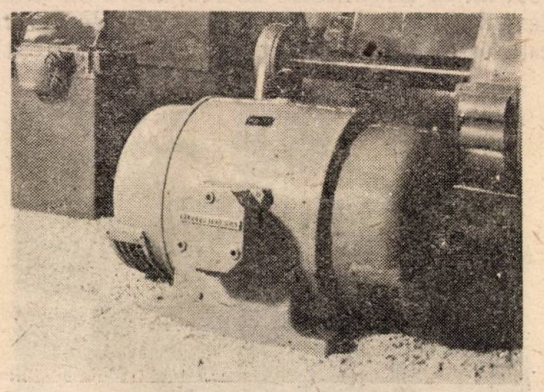
O mărturie a prețiosului ajutor tehnic sovietic o constitue produsele electrotehnice expuse de „Sovromutilaj petrolifer"-Reșița (S.R.U.P.), care, în mod deosebit, trezesc interesul vizitatorilor în general și în deosebi al muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor de specialitate. Construcția suplă a alternatorului vertical de 700 kVA, simplitatea motorului sincron de 620 CP, a transformatorului de 1500 kVA, la 25000/210 V, denotă o proiectare rațională și un proces tehnologic înaintat. Construcția colectorului excitatricei, impecabil realizată, finisajul îngrijit al periilor denotă o fabricație de înaltă tehnicitate.

Fabricile cu producție de masă „Electrofar", „Steaua Electrică", „Electro-Banat" prezintă sortimente variate de produse de larg consum.

Grupuri de tehnicieni de specialitate observă cu interes stația de amplificare, fabricată de „Electromagnetica", aparatele de radio tip, „Radio-Popular" și redresorul cu vapori de mercur de 600 W, purtând eticheta fabricii „Electrofar".

Sectorul Industriei Carbonifere cunoaște un aflux masiv de vizitatori. Un grup, printre care și câțiva străini, privește cu interes vădit echipamentul electric minier. Aici și-au expus produsele multe întreprinderi electrotehnice. Transformatorii, motoarele, întrerupătorii, ventilatoarele, telefonul, lampa de mină, toate de construcție antigrizutoasă, arată preocuparea temeinică a întreprinderilor noastre pentru electrificarea și mecanizarea industriei carbonifere, petrolifere și a lucrărilor subterane de pe marile șantiere. In lupta lor pentru dotarea industriei extractive și în general a industriei grele cu utilajul electric necesar, întreprinderile electrotehnice au întâmpinat mari greutăți din partea fostei conduceri oportuniste a Ministerului de Finanțe, datorită activității contrarevoluționare și antistatale a lui Vasile Luca care era în fruntea conducerii acestui minister și care căuta cu orice preț să încetinească ritmul industrializării socialiste a țării. Unele întreprinderi, având contul la B.R.P.R. mereu blocat, nu și-au putut realiza planul tehnic de investiții, de aprovizionare și uneori de producție în bune condiții. Deasemenea, demascarea la timp și sdrobirea devierii de dreapta dela linia partidului, a determinat un puternic avânt al industriei noastre.

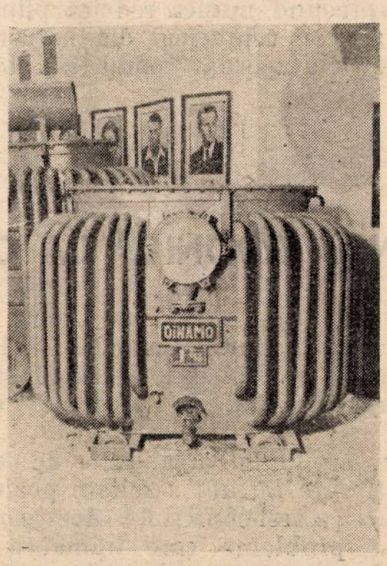
Pentru a satisface necesitățile mereu crescânde ale transportului de energie electrică, întreprinderea „Electrocablul" a depus eforturi uriașe în sensul creșterii producției de conductori și cabluri și asimilării de noi sortimente.



Motor asineron trifazic, execuție protejată

Pentru prima oară în țara noastră, s'a realizat cablul de forță armat subteran.

Pentru materialele electroizolante, s'au pus bazele unei industrii care produce o gamă întreagă de izolanți, pe bază de mică, precum și o serie de produse stratificate presate, ca pertinax, textolit în foi și bare, lacuri, electroizolante și alte produse, care înainte se importau din străinătate. Fabrica „Electroizolantul", nu de mult construită după un proiect sovietic, prezintă la expoziție o gamă largă de materiale izolante. Folosind documentația sovietică, colectivul dela „Electroizolantul" luptă pentru



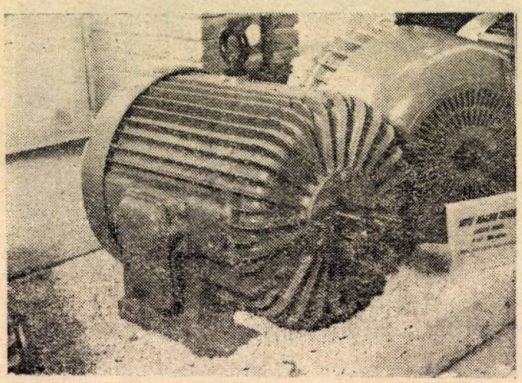
Intrerupător antigrizutos 100 kVA

îmbunătățirea permanentă a calității produselor.

Expoziția mai cuprinde numeroase fotomontaje, reprezentând aspecte din lupta neobosită a muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor din

întreprinderile electrotehnice din țara noastră. Ele vorbesc despre patriotismul de care ei dau dovadă, realizând și depășind permanent sarcinile de plan.

Un grafic arată creșterea mișcării stahanoviste din industria electrotehnică. Faptul că în Ianuarie 1952, numărul stahanoviștilor era de 81, iar în Decembrie de 446, arată că munca a devenit în țara noastră o chestiune de onoare; acesta este desigur rezultatul muncii educative



Motor asincron 20 KW

pe care o desfășoară partidul nostru și organizațiile de massă în rândurile oamenilor muncii. Citind acest grafic, vizitatorului îi vin în minte figuri cunoscute de stahanoviști ca Mateica Ion, Imre Iosif, Ion Căldăraru, Dumitru Bănică, Grigore Codoban, Vasile David, Petre Tabuc și mulți, mulți alți minunați constructori ai socialismului. Mulți din ei sunt decorați cu ordine și medalii. In anul 1952, partidul și guvernul, apreciind munca rodnică plină de patriotism a unor tehnicieni din industria electrotehnică, le-a acordat înaltul titlu de laureați ai Premiului de Stat. Vizitatorii pot vedea și tabloul maistrului Dina Dumitru, care — împreună cu maistrul Ichim V. — a construit transformatorul de 5600 kVA la 60 kV, după proiectul tov. ing. Bunea Victor dela „Dinamo".

Deosebit de semnificativă este fotografia reprezentând pe stahanovistul sovietic Bâcov, inițiind muncitorii din industria electrotehnică în tăierea rapidă a metalelor.

* * *

In raportul politic, făcut la 26 Octombrie 1950, tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej spunea: „Electrificarea va duce la întărirea alianței clasei muncitoare cu țărănimea muncitoare, la întărirea rolului conducător al clasei muncitoare. Ea asigură mersul înainte al construcției socialiste a țării și desvoltarea ei mai departe spre comunism".

Politica Partidului nostru s'a dovedit a fi pe deplin justă. Pe zi ce trece, vedem cum crearea și desvoltarea unei industrii grele proprii duce la întărirea puterii economice și de apărare a patriei noastre, la întărirea regimului de democrație populară. Aceste succese desigur că înfurie pe domnii capitaliști ai Wall-Street-ului și pe lacheii lor din banda lui Tito, înfurie pe toți acei care au ținut în neagră mizerie poporul muncitor veacuri dearândul.

In timpul guvernelor burghezo-reacționare, țara noastră nici nu avea un pavilion la marile expoziții industriale internaționale. In anii democrației populare, țara noastră s'a mândrit cu produsele sale, cu utilajul electrotehnic expus la expozițiile dela Moscova, Plovdiv, Leipzig.

Mergând pe drumul gloriosului Partid Comunist al Uniunii Sovietice, partidul nostru traduce în viață lozinca leninistă: „COMUNISM INSEAMNĂ PUTEREA SOVIETICĂ PLUS ELECTRIFICAREA INTREGII ȚĂRI".

DIN ACTIVITATEA A.S.I.T

MUNCĂ RODNICĂ LA CERCUL A.S.I.T. — ELECTROCABLUL

Activitatea desfășurată la cercul A.S.I.T. Electrocablul în lunile Ianuarie și Februarie a. c. a avut ca obiectiv principal sprijinirea îndeplinirii planului de producție al întreprinderii.

Printre acțiunile organizate de comitetul cercului și care au dat rezultate pozitive, este programarea a trei conferințe. Aceste conferințe au tratat probleme care frământă întregul colectiv de muncitori, tehnicieni și ingineri ai întreprinderii. In luna Februarie a. c. s'a ținut conferința tov. Florin Iuliu, despre „Descoperirea rezervelor interne sarcină permanentă trasată de Partid și Guvern pentru realizarea de economii și reducerea prețului de cost".

Conferențiarul folosindu-se de exemple concrete a reușit să lămurească unele aspecte ale acestei probleme și să antreneze la discuții un număr de 14 participanți. Ca urmare a acestei conferințe numeroși muncitori au prezentat propuneri pentru realizarea de economii. Astfel tov. Coman Stoica a prezentat patru propuneri referitor la regenerarea cauciucului vulcanizat, recuperarea acidului sulfuric, etc. iar tovarășa Costache Lina a prezentat o nouă rețetă de lipirea cartoanelor folosite la lipirea bandei izolatoare, care va aduce anual o economie de circa 2 000 lei.

In această perioadă cercul s'a preocupat de extinderea metodelor sovietice. In colaborare cu celelalte organizații de masă, cercul a întoc-

mit un plan de acțiune pentru extinderea planificată și organizată a metodelor înaintate de lucru ale stahanoviștilor sovietici, aplicând astfel inițiativa comuniștilor dela Boldești.

In planul de acțiune s'au prevăzut termene precise pentru procurarea materialului documentar pentru metodele Jandarova, Voroșin, Bâcov-Bortchevici, Cuznețov; pentru instructajul cu responsabilii de secții și apoi pentru prelucrarea materialului documentar cu muncitorii care vor aplica aceste metode. In urma acestei acțiuni, la sfârșitul lunei Februarie a. c., 60 muncitori aplică metodele Jandarova și Voroșin depășindu-și normele cu 20...50%; 9 strungari aplică metoda de tăiere rapidă Bâcov-Bortchevici reușind să depășească normele cu 30...130%. Muncitorii din secțiile Utilaje noi și Intreținere aplicând metoda Cuznețov au recondiționat în această perioadă peste 120 scule aducând economii în valoare de circa 2 500 lei.

Mișcarea inovatorilor din cadrul întreprinderii este susținută de cercul A.S.I.T. Rezultate pozitive au fost obținute mai ales în cursul lunii Februarie în urma preocupării mai intense a comitetului. Astfel au fost date 12 consultații tehnice referitoare la aplicarea unor propuneri de inovații și construire de utilaje, iar între 23 și 28 Februarie a fost organizată o săptămână a inovatorilor. In cadrul săptămânii inovatorilor au fost prezentate 11 propuneri dintre care 7 au fost realizate.

Printre inovațiile rezolvate — prezentate cabinetului tehnic în Ianuarie și Februarie — care au fost sprijinite de cercul A.S.I.T. se află și aceea a tov. Vișan Ion referitoare la „aparat de control al peliculei lac email" necesar pentru controlul la defecte punctiforme. Prin aplicarea acestei inovații se poate face controlul defectelor punctiforme și la dimensiuni de 0,05...0,5 mm diametru.

Pentru ridicarea nivelului tehnic în cadrul întreprinderii funcționează o bibliotecă, iar din luna Februarie în urma acțiunii întreprinsă de comitetul cercului, în colaborare cu cabinetul tehnic s'au înființat încă două biblioteci în secții productive, dotate cu circa 300 volume. Popularizarea cărților noi sosite, prin panouri și recenzarea cărților sovietice au făcut ca numărul cititorilor să crească. In luna Ianuarie 80 tovarăși au împrumutat dela bibliotecă 110 cărți, iar în luna Februarie 94 tovarăși au citit 120 cărți.

In prezent cercul A.S.I.T. se ocupă de rezolvarea unor deficiențe existente în cadrul întreprinderii. Pentru a se duce la bun sfârșit aceste probleme s'au format două colective de studiu din membrii A.S.I.T. care studiază îmbunătățirea distribuirii aburului saturat și suprasaturat la utilaje și îmbunătățirea produsului. Pentru cea de a doua problemă — îmbunătățirea produsului în general — s'a ținut de către cercul A.S.I.T. o ședință în care s'a arătat practic defectele cele mai frecvente de fabricație și felul cum trebue remediate. Deasemenea se va organiza o expoziție la care vor fi expuse produsele cu defecte, iar de curând a fost organizat un curs de instructaj cu maiștrii și șefii de echipe — și în care se discută problema calității și sarcinile ce revin maiștrilor și șefilor de echipă în această problemă.

Ca o realizare a cercului A.S.I.T. se socotește și vizitarea expoziției „Economia planificată a R.P.R. în plin progres". In urma muncii de lămurire dusă de membrii A.S.I.T. peste 100 tovarăși au admirat mărețele realizări ale regimului nostru de democrație populară dându-le un imbold pentru obținerea de noi succese în activitatea lor.

Activitatea cercului A.S.I.T. Electrocablul ar fi fost mult mai rodnică dacă deficiențele constatate s'ar fi remediat la timp. Se poate da ca exemplu activitatea resortului de conferințe, care în luna Februarie a organizat o singură conferință pe când în luna Ianuarie a reușit să organizeze două conferințe. Din activitatea cercului s'a putut vedea că atunci când o conferință este bine organizată se pot vedea imediat roadele. Este deci necesar ca în viitor comitetul cercului să se străduiască a iniția noi conferințe care sunt de un real folos întregului colectiv al întreprinderii.

Pentru activitatea viitoare comitetul cercului A.S.I.T. trebue să acorde o mai mare atenție rezolvării problemelor tehnice ce frământă sectorul industrial din care fac parte, canalizând în acest scop capacitatea tehnico-științifică a inginerilor din această întreprindere.

Deasemenea o atenție deosebită trebue acordată extinderii și mai mult a metodelor înaintate de lucru ale stahanoviștilor sovietici cât și a inițiativelor și metodelor de muncă ale stahanoviștilor din țara noastră.

Sub conducerea organizației de partid cercul A.S.I.T. Electrocablul antrenând tot mai mulți ingineri, tehnicieni și inovatori în rezolvarea problemelor ce-i stau în față va putea aduce o contribuție însemnată la lupta oamenilor muncii din țara noastră pentru îndeplinirea planului cincinal în patru ani.

TĂIEREA ANODO MECANICĂ A METALELOR

Ing. D. C. TRĂUȘANU

Principiile noi în prelucrarea metalelor, descoperite și aplicate de tehnicienii și muncitorii sovietici pentru mărirea productivității muncii și prelucrarea rațională rapidă a pieselor de oțel, cu o precizie tot mai mare, constau nu numai din mărirea durității sculei tăietoare, care pătrunde în metalul supus tăierii ci și din micșorarea temporară a însăși durității metalului supus prelucrării, prin înmuierea suprafeței cu încălzire electrică. Inmuierea suprafeței supusă prelucrării, se poate face atât prin încălzirea ei prin intermediul curentului electric, transmis prin contact, folosirea curenților de înaltă frecvență, a curentului cu scântei, cât și prin încălzirea superficială cu ajutorul curentului anodic. Deoarece metoda tăierii anodo mecanice prezintă un interes deosebit, ea bazându-se atât pe utilizarea combinată a acț unii electrochimice și termice a curentului electric, cât și acțiunea simultană a discului de tăiere, asupra piesei supusă tăierii, în cele de mai jos sunt expuse principiile noi la tăierea anodo mecanică a metalelor.

Tăierea mecanică a metalelor cu ajutorul mașinilor unelte speciale cu discuri tăietoare, sau cu ferestraie circulare în deosebi în sectorul construcțiilor — unde volumul lucrărilor de tăiere este mare — necesită în general un utilaj complicat randamentul tăierii fiind redus.

Astfel, tăierea țevilor cu ajutorul ferestrăului circular, pe lângă că necesită o manoperă lungă și costisitoare, mai este însoțită și de un sgomot puternic, iar suprafața tăieturii este deformată, datorită căldurii produse de fricțiunea dinților, topindu-se porțiuni din suprafața metalului supus tăierii.

Aceasta, necesită o prelucrare suplimentară a suprafețelor tăiate. Recent, se utilizează în prelucrarea metalelor pe o scară largă metoda tăierii anodo mecanice, propusă de inovatorul savant sovietic V. N. Gusev, de trei ori laureat al premiului Stalin.

Metoda tăierii anodo mecanice are următoarele avantaje:

1. productivitatea tăierii este mai mare decât la ferestraiele circulare și la discurile cu dinți tăietori;
2. eficacitatea procesului tehnologic nu depinde de duritatea piesei supusă tăierii (oțeluri bogat aliate, tratate termic, aliaje dure, etc.);
3. simplitatea construcției și costul redus al discului de tăiere (discul de tăiere este confecționat din tablă de oțel decapată, groasă de 0,8...1,5 mm);
4. mașina unealtă este simplă și ieftină;
5. posibilitatea de folosire la mașinile-unelte și a muncitorilor cu o calificare mai redusă.

Tăierea anodo mecanică a metalelor se bazează atât pe folosirea combinată a acțiunii electrochimice cât și termice a curentului electric continuu, combinată simultan și cu acțiunea mecanică a discului tăietor asupra piesei supusă tăierii (fig. 1).

La tăierea anodo mecanică, piesa se conexează anodic la rețeaua de curent electric, iar discul tăietor la catod.

La locul de contact dintre sculă și piesă, curge un lichid special, compus dintr'o soluție apoasă de sticlă solubilă de sodiu, la care se adaugă în unele cazuri salpetru de sodiu sau de potasiu. Pentru ca lichidul să aibă o greutate specifică de 1,28...1,33, el se diluează cu apă, în cantitate de 500...800 cm³/l.

Soluția apoasă de sticlă solubilă diluată, în general nu depășește prețul emulsiei obișnuite de răcire.

La trecerea curentului continuu, se formează pe suprafața tăiată (anod) o pojghiță de protecție cu o rezistență electrică mare.

Discul tăietor rotindu-se, îndepărtează parțial această pojghiță, care se restabilește continuu, datorită prezenței lichidului special și acțiunii curentului continuu.

Procesul îndepărtării parțiale a pojghiței și restabilirea lui continuă, are loc în direcția avansului sculei, pojghița îndepărtându-se deosebit de intens de pe asperitățile vârfurilor, care se găsesc pe suprafețele prelucrate ale anodului.

Deoarece grosimea pojghiței se reduce în aceste puncte, ceeace provoacă scăderea rezistenței electrice, curentul electric se concentrează în ieșirile miscroscopice ale piesei prelucrate, cantitatea de căldură degajată fiind suficientă pentru topirea metalului în aceste puncte.

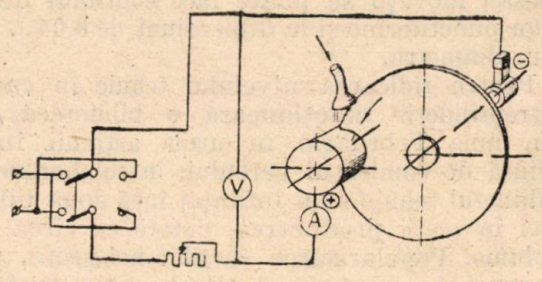


Fig. 1., Schema instalației tăierii anodo mecanice.

Particulele de metal topite în formă de scântei, sunt îndepărtate din zona de lucru de discul tăietor, care se rotește, el adâncindu-se astfel continuu în piesa supusă tăierii.

Datorită rotației discului tăietor, asperitățile topite sub formă de scântei, sunt îndepărtate rapid, straturile învecinate ale metalului nu se mai încălzesc, deci structura lui nu suferă nicio modificare.

Parametrii mecanici și electrici care influențează eficacitatea tăierii sunt:

— tensiunea și intensitatea curentului (22...24 V, intensitatea fiind în funcție de grosimea piesei de tăiat, ea variind dela 120 la 400 A/cm²);

— apăsarea discului de tăiere asupra piesei este de 0,8...2,0 kg/cm²;

— viteza periferică a discului la diametrul exterior este de 15...20 m/s.

Din practică, s'au stabilit valorile pentru tăierea barelor de oțel la mașinile alimentate cu curent continuu dela un redresor mecanic (tabela 1).

Tabela 1

Timpi de tăiere

Secțiunea barei în mm²;	Timpul în min.	Intensitatea în A	Tensiunea în V
Φ 40	1,3	80	20...22
Φ 60	2,6	100	20...22
Φ 80	4,0	120	20...22
Φ 100	5,0	150	22...24
Φ 125	8,0	175	22...24
Φ 150	12,0	225	24...26
Φ 200	18,0	300	24...26
Φ 250	22,0	400	26...28
40×40	1,5	80	20...22
60×60	3,0	100	20...22
80×80	5,0	120	22...24
100×100	6,0	160	22...24
120×120	10,0	200	22...24
150×150	13,0	250	24...26
aliaj dur 8×15	20	30	20

Timpul necesar pentru tăierea țevilor scade la jumătate comparativ cu barele de același diametru.

Avantajele tăierii anodo mecanice sunt:

— costul mic al discului din tablă de oțel;

— productivitatea mare, în special la prelucrarea oțelurilor inoxidabile și aliajelor dure. Astfel, la tăierea cu freze din oțel rapid a canalelor în plăcile de oțel inoxidabile la tobele eliminatorilor de noduri, care au fost rău măcinate în pasta de hârtie la mașinile de fasonat hârtia, tăierea anodo mecanică mărește viteza de prelucrare până la 15...25 ori, iar prețul de cost se reduce cu 10%.

In comparație cu tăierea mecanică, cea anodo mecanică asigură o productivitate mărită cu circa 55%, o scădere a costului sculei cu 85%, o diminuare a deșeurilor cu 60% și o scădere a prețului de cost cu circa 80%.

SCHEMA DE PRINCIPIU ȘI INSTALAȚIA DE TĂIERE

Piesa de tăiat se fixează prin strângere în menghina mașinei unelte, la care se conexează polul pozitiv (+), al curentului continuu, iar polul negativ (—), la discul de tăiere, printr'o perie de cupru grafitat și un inel de contact.

Discul se rotește în direcția piesei supuse tăierii, iar în zona de contact a discului cu piesa se debitează lichidul de lucru. Există mai multe tipuri de astfel de mașini-unelte, cea mai obișnuită AMS-32 (fig. 2) are următoarele caracteristici:

— gabaritul 1310×700×1376 mm;

— greutatea 700 kg;

— tensiunea de lucru (curent continuu) 22...25 V;

— intensitatea curentului până la 200 A.;

— diametrul piesei de tăiat 100 mm, diametrul discului de oțel 420 mm;

— viteza periferică a discului 17 m/s;

— puterea electromotorului 2,2 kW la 950 rot/min.;

— capacitatea rezervorului pentru lichid 35 l.

Mașina-unealtă are pendulul vertical (1, fig. 2), cu axa de rotire fixată deasupra axei de rotirea discului. Pendulul are în partea inferioară un arbore. Pendulul este compus dintr'o nervură cu secțiunea în formă de V, la un capăt fiind fixată axa lui de rotație, iar la celălalt axa lui de oscilație. Arborele este montat pe doi rulmenți cu role, iar la un capăt, între rondele este strâns discul de tăiere (2, fig. 2), la al doilea capăt o roată de transmisie cu curea, care primește mișcarea dela un electromotor (3, fig. 2) și o transmite arborelui. Curentul se alimentează prin inelul de contact.

Reglarea apăsării asupra piesei ce se taie (4, fig. 2) se face printr'un cablu și o greutate (5, fig. 2), iar reglarea apăsării printr'un regulator

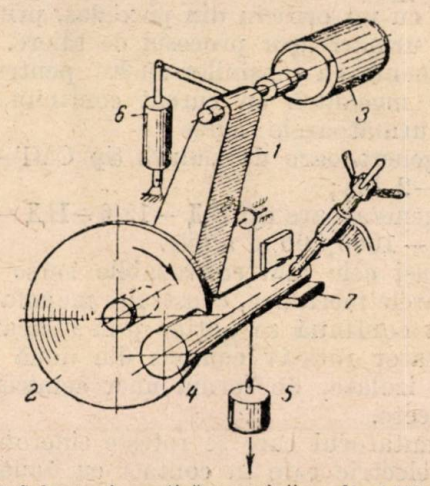


Fig. 2. Schema cinematică a mașinii unelte AMS.—32.

cu ulei (6, fig. 2) montat în interiorul mașinii, compus dintr'un cilindru, în care se deplasează o tijă prevăzută cu piston.

Capătul tijei este legat cu ajutorul unei pârghii de pendulul oscilant, iar corpul regulatorului cu batiul mașinii-unelte. La deplasarea pendulului, sub acțiunea greutății, pistonul își schimbă poziția împingând uleiul dintr'o parte în alta a cilindrului.

Viteza de deplasare a uleiului depinde de secțiunea orificiului din sertar și ea determină valoarea presiunii discului tăietor asupra piesei. Reglarea orificiului din secțiunea sertarului se face printr'un dispozitiv special. Dispozitivul de strângerea piesei în mașina-unealtă, de regulă în formă de prismă, este format din două plăci de oțel călit (7, fig. 2), fixate sub un unghi de 90°, una față de alta, o tije deplasându-se în jurul axei proprii cu ajutorul unui șurub și volant. Curentul continuu trece la piesa supusă tăierii prin una din plăci.

Debitarea lichidului la mașina unealtă (fig. 3), se face printr'o pompă electrică cu un debit

de 22 l/min, scurgerea lui asupra piesei ce se taie, în contact cu discul tăietor (2, fig. 3),

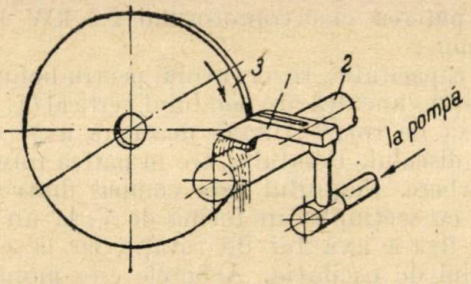


Fig. 3. Schema de alimentare cu lichid a maşinii-unelte.

având loc prin gura 1 din fig. 3, fixată în partea din faţă a maşinii.

Readucerea lichidului răcitor în rezervor se face prin filtre, după ce în prealabil a fost decantat în compartimentele rezervorului de ulei, pentru a se îndepărta aşchiile.

Improşcarea lichidului de către disc şi pompă este împiedicată de un apărător special, prevăzut cu un orificiu din plexiglas, prin care se poate urmări uşor procesul de tăiere.

Alimentarea maşinilor-unelte pentru tăierea anodo mecanică cu curent continuu, se face dela următoarele surse :

— generatoare de sudură tip СМГ—1—2 şi СМЕ—2 bis;

— generatoare tip НД—12/6—НД—250/500 НДШ—1000/500 şi altele.

Totuşi cele mai convenabile surse sunt redresoarele mecanice, construite monofazic. Tensiunea continuă se obţine prin aplicarea unui comutator rotativ compus din două plăci de cupru izolate, de forma unor semicercuri incomplecte.

Comutatorul care se roteşte sincron cu motorul electric este în contact cu două perechi de perii colectoare din cupru şi grafit, fixate sub un unghi de 90°.

La o pereche de perii colectoare soseşte curentul alternativ dela transformatorul de scoborîre, iar la perechea cealaltă se obţine curentul continuu.

Procesul redresării curentului, este indicat schematic în fig. 4.

Pentru rotirea comutatorului, se alege deobicei un motor asincron cu o capacitate cores-

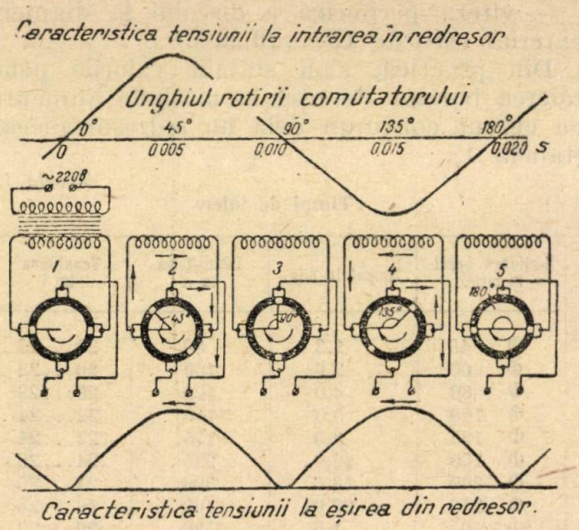


Fig. 4. Schema de principiu a funcţionării redresorului mecanic.

punzătoare. Pentru sincronizarea lui la rotorul de pe axă, se frezează un număr de canale longitudinale corespunzătoare la numărul polilor statorului.

Bibliografie

Cosolapov, Tăierea anodo mecanică. Electriceschie Stanţii Nr. 10, Octombrie, 1951.

Ing. Trăuşanu C. Dimitrie, Tăierea metalelor cu preîncălzire electrică, Tehnica transporturilor Nr. 10 Octombrie 1952.

Ing. Rosenthal M., Principii noi în prelucrarea metalelor. Revista Min. Ind. Metalurgice şi Ind. Chimice Nr. 2 Februarie 1952.

NOTA REDACŢIEI

Problema tăierii anodo mecanice a metalelor este deosebit de interesantă în special în tăierea barelor, operaţie care se face actualmente prin ferestraie circulare.

Pentru aplicarea la noi a acestei metode, în primul rând este de rezolvat problema redresorului mecanic necesar, de care se vorbeşte în articol. In această privinţă, cercurile ASIT interesate au sarcina de a iniţia rezolvarea acestui aparat şi apoi încercarea metodei.

Deci, problema aceasta poate forma una din problemele de studiu ale cercurilor ASIT nu numai din sectorul metalurgiei prelucrătoare ci, şi din sectorul construcţiilor.

★

АНОДО-МЕХАНИЧЕСКАЯ РЕЗКА МЕТАЛЛОВ

Резюме

Новые принципы обработки металлов, открытые и примененные советскими рабочими, для увеличения производительности труда и скоростной рациональной обработки стальных деталей, с все большей точностью, состоят не только в увеличении твердости режущего инструмента, который врезается в обрабатываемый металл, но и в временном уменьшении твердости самого обрабатываемого металла, смягчением его поверхности электропрогревом.

Смягчение обрабатываемой поверхности может быть достигнуто как посредством её нагрева электрическим током, переданным через контакт, посредством применения токов высокой частоты, электроискровым способом, так и поверхностным нагревом анодным током.

Так как метод анодо-механической резки представляет особый интерес, основываясь как на совместном использовании электрохимического и термического действия электрического тока, так и на одновременном действии режущего диска на разрезаемую деталь, ниже изложены новые принципы анодо-механической резки металлов.

RECENZII

DESPRE LUCRAREA N. G. DROZDOV: *„Electricitatea statică în industrie".*

La prima vedere, electrizarea prin frecare pare a fi un fenomen foarte simplu. Un studiu mai aprofundat arată însă contrariul, dovedindu-se că fenomenele care stau la baza apariţiei sarcinilor electrice sunt extrem de complexe. Cazurile de electrizare din diverse industrii şi multiplele date experimentale au confirmat acest fapt.

Datorită acestei complexităţi, precum şi datorită lipsei aparente de perspective în ceeace priveşte aplicarea practică a concluziilor obţinute, în acest domeniu nu s'a putut ajunge la o teorie definitivă, numeroase experienţe dând rezultate contradictorii.

In lucrarea lui N. G. Drozdov „Electricitatea statică în industrie", se studiază cazurile de apariţie a electrizării în cursul procesului de producţie, se indică principalele reguli stabilite până în prezent pentru depistarea acestui fenomen şi se dau unele metode uşor de aplicat, cu ajutorul cărora să se evite electrizarea sau să se micşoreze pericolul de aprindere, prin descărcări electrice, a amestecurilor inflamabile. In ultima parte a cărţii, se acordă o deosebită atenţie metodelor celor mai potrivite şi aparatelor necesare studiului electrizării prin frecare şi principalelor condiţii necesare apariţiei acestui fenomen.

Autorul arată că elaborarea măsurilor de protecţie, aplicabile fiecărui caz de formare şi manifestare a electricităţii statice în diferite ramuri ale industriei, este o problemă complicată. In practică, se merge deseori pe un drum greşit sau neverificat. Astfel, într'un atelier unde se puteau produce explozii, s'a instalat un dispozitiv constând dintr'un inel de contact şi o perie care servea pentru punerea la pământ a axului de transmisie. Protecţia pe care o oferea acest dispozitiv era numai aparentă; el inducea în eroare pe cei care deserveau instalaţia şi era complect inutil. Problema nu se poate rezolva printr'o simplă punere la pământ a părţilor metalice a instalaţiilor, deoarece sarcinile electrice rămân pe celălalt material electrizat (dielectricul) şi pot produce scântei (fapt dovedit chiar prin scânteile care se produc între cureaua unei maşini şi apărătoarea care este pusă la pământ).

Lucrarea interesează inginerii şi tehnicienii din diverse ramuri ale industriei şi transportului. Importanţa ei este deosebită, în special, pentru cei care lucrează cu noile maşini-unelte de mare viteză şi productivitate, care cauzează o intensă electrizare a fabricatelor şi semifabricatelor.

Trebue menţionat că lucrarea este rezultatul studiilor şi cercetărilor efectuate de autor în decurs de doisprezece ani. O serie de paragrafe, în special cele privind electrizarea pânzei, acidului salicilic, aeronavelor, curelelor de transmisie, cât şi cele privind fenomenele de electrizare, ce apar în fabricile de cauciuc şi în fabricile de talpă artificială, sunt bazate în parte sau chiar în întregime pe rezultatele cercetărilor făcute de autor.

DESPRE LUCRAREA I. V. LITVAC: *„Problemele ameliorării factorului de putere în întreprinderile industriale".*

In această carte, autorul arată măsurile ce pot fi luate de întreprinderi pentru raţionalizarea folosirii energiei electrice. Dat fiind că micşorarea pierderilor de energie este strâns legată de îmbunătăţirea factorului de putere, se caută soluţionarea ultimei probleme.

Mărirea coeficientului de cerere de putere (care la cele mai multe întreprinderi variază între 0,13 şi 0,28) duce la îmbunătăţirea cos φ şi la micşorarea consumului specific de energie electrică. Mărirea coeficientului de cerere de putere se poate realiza prin ridicarea coeficientului mediu de utilizare a maşinilor de producţie şi prin introducerea unei tehnologii moderne, care să ducă la mărirea productivităţii.

In cazul când nu se poate realiza o îmbunătăţire a coeficientului de utilizare a puterii instalate, se poate realiza o economie apreciabilă de energie (6...10%), prin înlăturarea puterii nefolosite a motoarelor asincrone. Prin înlăturarea acestei puteri, se realizează o economie de energie, datorită îmbunătăţirii cos φ, îmbunătăţire care face să scadă pierderile din reţeaua dintre sursa de alimentare şi consumator. Trebue menţionat că această modificare din interiorul unei întreprinderi, se resimte şi în afara acesteia.

O altă măsură constă în reducerea tensiunii aplicate motoarelor asincrone, care nu sunt suficient încărcate (acest regim trebue considerat drept cel mai des întâlnit în întreprinderile industriale). In acest caz, scăderea tensiunii duce la îmbunătăţirea cos φ. Scăderea tensiunii aplicate poate fi realizată: comutând motoarele asincrone din triunghi în stea, secţionând înfăşurările statorului, comutând corespunzător bornele de ieşire ale transformatorilor şi uneori chiar schimbând schema de alimentare a întregii întreprinderi. Din faptul că 70% din puterea reactivă folosită de întreprinderi revine motoarelor asincrone, vom înţelege utilitatea acestei măsuri.

Folosind limitatori de mers în gol, se realizează o îmbunătăţire a factorului de putere natural, ceeace duce la o economie lunară de energie (aceasta şi datorită reducerii consumului de energie activă în intervalele dintre operaţiile productive) în medie de 50...150 kWh de fiecare maşină-unealtă.

Deasemenea, este recomandabilă şi sincronizarea motoarelor asincrone (deşi este legată de o serie de greutăţi), deoarece duce la o îmbunătăţire considerabilă a factorului de putere. Autorul mai recomandă şi folosirea capacităţii de compensare a motoarelor sincrone în funcţiune.

In problema îmbunătăţirii coeficientului natural al întreprinderii, trebue să aibă un rol însemnat îmbunătăţirea calităţii reparaţiei motoarelor, precum şi o recepţie riguroasă din punct de vedere tehnic a motoarelor asincrone după repararea lor. In această privinţă, este foarte folositoare introducerea în întreprindere a controlului curentului de mers în gol al motoarelor asincrone şi a controlului întrefierului.

In rezolvarea problemelor tehnico-economice legate de compensarea artificială a puterii reactive, trebue să se ţină seama — pentru fiecare caz în parte (la alegerea tipului şi puterii dispozitivului de compensare) — de eficacitatea investiţiei pentru instalaţia de compensare, de echivalentul economic al puterii reactive într'un punct dat al reţelei şi de câştigul total de putere activă, rezultat din reducerea pierderilor prin îmbunătăţirea cos φ.

Autorul nu se rezumă la recomandări de ordin general, ci chiar arată care este calea cea mai convenabilă pentru aplicarea în practică a principiilor expuse.

In lucrare, se dau o serie de curbe şi nomograme, care folosesc la găsirea soluţiei celei mai juste.

Modul de expunere face ca lucrarea să fie accesibilă atât inginerilor, cât şi tehnicienilor din domeniul energeticii industriale.

Ing. C. Ungureanu

PREZENTĂRI DIN REVISTE SOVIETICE

GORBATOV N. M.: Cu privire la calculul curenților și tensiunilor de scurt circuit, Electricestvo, Nr. 7 (1952).

Pentru tehnica protecției prin relee și protecția liniilor de conexiune contra influenței liniilor de transport de energie electrică, este necesară determinarea curentului și a tensiunilor în sistemul electric în cazul regimului de avarii.

In articolul de față, autorul studiază un sistem simetric trifazic într'un regim de scurt circuit, concomitent cu ruperea uneia sau a două faze în două puncte arbitrar alese. Autorul arată că teoria circuitelor electrice este aplicată în cazul calculului curenților și tensiunilor de scurt circuit, concomitent cu ruperea fazelor. Pentru regimurile studiate sunt date ecuațiile de calcul obținute în două ipoteze. Sunt determinați parametrii schemelor diferitelor succesiuni. Pe baza principiului de reciprocitate și inversiune, este redus numărul de formule necesare determinării parametrilor calculați. Autorul ne prezintă un exemplu de calcul pentru rezolvarea problemei parametrilor.

In cuprinsul articolului, autorul recomandă câteva lucrări foarte importante a diverșilor autori, în care se tratează problemele studiate de autor, indicând și sursele.

MEEROVICI E. A.: Utilizarea metodei componentelor simetrice pentru studiul proceselor tranzitorii în circuite trifaziee, Electricestvo, Nr. 4 (1952).

Problemele de studiu ale regimurilor nestabile, în circuite trifazice ale curentului alternativ, au căpătat în ultimul timp o importanță deosebită, în legătură cu proiectarea economică și exploatarea marilor sisteme electrice ce se construesc astăzi și mai ales a celor care sunt destinate să transporte energia electrică la mari distanțe.

Una din metodele care simplifică în mod serios calculul regimurilor nestabile este metoda componentelor simetrice, care se aplică la calculul proceselor transitorii în circuitele trifazice liniare.

Pentru circuitele fixe, studiate în articolul de față problema folosirii metodei componentelor simetrice se reduce la simplificarea schemelor de calcul și stabilirea unei metode de calcul a regimurilor nestabile, tot așa de simple ca aceea după care se face calculul regimurilor stabile.

O particularitate importantă a folosirii metodei componentelor simetrice (aducerea calculului spre schemele monofazice) se păstrează.

Autorul demonstrează că, după curbele componentelor simetrice ale curentului din cele două faze, se poate ușor obține curba respectivă în faza a treia.

In acelaș timp, trecerea dela curenții unei faze la curenții alteia nu prezintă deasemenea nici o greutate. Pentru calculul regimurilor nestabile în circuitele electrice complexe, este elaborată metoda aducerii la un regim stabil. In articolul de față, autorul descrie în mod detailat această metodă și prin exemple calculate demonstrează eficacitatea acestei metode.

GLEBOV V. A.: Pornirea motoarelor asincrone în scurt circuit alimentate de un generator sincron de putere mică, Electricestvo, Nr. 4 (1952).

Pornirea motoarelor în scurtcircuit dela un generator de mică putere este însoțită de o variație sensibilă a tensiunii la bornele generatorului. Mărimea și durata variației tensiunii depind de un șir de factori; — de procesele transitorii electromagnetice ale generatorului, de viteza de amorsare a tensiunii, de procesele transitorii electromecanice ale motoarelor în funcțiune și a. m. d.

Prin urmare, calculul procesului de demarare este legat de calculul proceselor transitorii al generatorului și ale motoarelor în funcțiune.

Această împrejurare face ca calculul proceselor de demarare prin metoda integrării numerice să fie destul de grea și practic imposibil. In articolul de față, autorul descrie în mod detailat metoda de rezolvare a proceselor transitorii, metodă care permite stabilirea parametrilor care caracterizează procesele de demarare.

Autorul demonstrează că existența ecuațiilor pentru procesele transitorii a generatorului sincron și a motoarelor asincrone, permite rezolvarea diferitelor procese transitorii în sistemele de puteri mici.

In cazul pornirii motorului asincron, dela un generator care a funcționat până atunci într'un regim cu mersul în gol, operațiunea este bine să fie executată în ordinea recomandată de autor în cuprinsul articolului.

Caracteristica mecanică a oricărui motor asincron poate fi reprezentată în forma grafică.

Cu o aproximație oarecare, curba momentelor poate fi înlocuită prin sectoare liniare.

LEVIN M. S. și GANELIN A. M.: Metoda grafoanalitică de calcul a curenților de scurt circuit în rețelele cu conductori de oțel, Electricestvo Nr. 4 (1952).

Cu cât energia electrică se introduce mai mult în gospodăria agricolă, cu atât problema siguranței de alimentare cu energie electrică capătă o importanță din ce în ce mai mare Calculul și alegerea justă a aparatelor de protecție, pentru rețelele electrice urbane, se complică prin aceea că până în prezent nu au fost propuse (elaborate) metode exacte de calcularea curenților de scurtcircuit în rețelele cu conductori de oțel.

Unii din autori recomandă ca la calculul curenților de scurt circuit să se ia rezistența conductorilor electrici de oțel, egală cu rezistența lor, în cazul trecerii curentului util (de lucru); iar alții recomandă să se ia ca rezistență de calcul, valoarea rezistenței ohmice a conductorului.

In măsura în care rezistența conductorului electric variază împreună cu variația curentului, asemenea metode de calcul conduc la mari erori.

Acest fapt îngreuiază alegerea potrivită a protecției și nu contribue la mărirea siguranței în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor.

Autorul recomandă metoda grafoanalitică pentru calculul curenților de scurtcircuit, în rețelele electrice cu conductori de oțel, când tensiunea în anumite puncte a rețelei poate fi considerată constantă.

Un asemenea punct poate fi considerat barele unei surse puternice, dela care pleacă linii de puteri relativ mici.

ROSENBLAT M. A.: Defazajul între primele armonice ale inducției și tensiunii câmpului magnetic și măsurarea pierderilor în fier. Electricestvo, Nr. 4 (1952).

Se consideră, în mod general, că defazajul între primele armonice ale intensității câmpului magnetic și inducției în miezul feromagnetic este datorit numai pierderilor în fier.

Această părere este justă numai în cazul când inducția magnetică sau intensitatea câmpului variază după o lege strict sinusoidală.

Defazajul între primele armonice ale tensiunii și inducției depinde de rezistența circuitului de magnetizare și de aceea multe metode întrebuințate astăzi pentru măsurarea pierderilor în fier au greșeli apreciabile.

In formula 1 din text, autorul ne dă ecuația diferențială a circuitului de magnetizare a miezului (Schema fig. 1) care se întrebuințează pentru măsurarea pierderilor în fier cu ajutorul compensatorului curentului alternativ.

Pe bază de studii executate, autorul arată că miezul feromagnetic, magnetizat de un curent alternativ, se poate prezenta ca un generator de curent cu frecvență ridicată a cărei putere, împreună cu pierderile în fier determină atât valoarea puterii active care se aduce spre miez de curentul undei principale cât și defazajul între primele armonice ale tensiunii câmpului magnetic și a inducției în miezul feromagnetic.

Pierderile în fier se mai pot măsura și prin metoda celor trei tensiuni.

TARANȚOV A.: Meritele savanților ruși în sectorul creării și desvoltării televiziunii, Radio, Nr. 5 (1952).

Televiziunea, la fel ca și radiofonia, sunt invenții ruse. Articolul expune realizările epocale ale savanților ruși în domeniul televiziunii.

Primul care a descoperit televizorul cu tub catodic a fost savantul rus B. L. Rosing, invenția datând din anul 1907.

Primele proiecte reale în domeniul televiziunii s'au ivit îndată după descoperirea sensibilității la lumină a seleniului. Primul proiect științific-real al televiziunii îl are ca autor pe savantul rus P. I. Bahmetev.

In anii care au trecut dela descoperirea celulei fotoelectrice de către A. G. Stoletov, s'au propus și realizat diferite sisteme de televiziune, bazate pe principiul celulei fotoelectrice cu efect fotoelectric exterior.

Savanții sovietici au contribuit mult la realizarea practică a descoperirii lui Stoletov. Celulele fotoelectrice din U.R.S.S., cele mai bune din lume, sunt create de savanții P. Timofeev, P. Luchirschi, S. Vecșinschi, S. Luchianov și alții.

Cinstea descoperirii procedeului amplificării curenților electrici slabi, cu ajutorul lămpilor electrotehnice revine savantului V. Covalenco, discipol al marelui A. S. Popov.

Invenția tubului catodic modern pentru transmiterea imaginilor se datorește fizicianului sovietic A. Constantinov. Se reproduc schemele unei serii de savanți ruși în domeniul televiziunii.

SABEȚCHI N.: Modul de întrebuințare a stației radar, Radio, Nr. 5 (1952).

Se expune importanța enormă a stațiilor radar pentru apărarea țării, care permit descoperirea și semnalizarea avioanelor dușmane până la o distanță de 150 km și chiar mai mult.

Se desvoltă larg principiul de funcționare a unei stații terestre radar.

Sufletul stației este cronizatorul, aparatul care coordonează munca emițătorului, receptorului și indicatorului. Partea constitutivă principală a cronizatorului este generatorul impulselor de dirijare.

In calitate de generator al oscilațiilor de supraînalte frecvențe în gama centimetrică se folosește aproape exclusiv magnetronul polirezonator. El produce impulsuri de înaltă frecvență extrem de scurte (până la 1 microsecundă) și foarte puternice. Se dau formule de calcul pentru determinarea razei de acțiune a stației radar. In fig. 5 se redă schema magnetronului polirezonator.

Intr'un capitol special se tratează despre stații radar destinate pentru informarea propriilor avioane de vânătoare, conducerea tirului artileriei și dirijarea radioproiectoarelor.

Ultimul capitol indică modul de construcție al antenelor folosite de stații radar.

IVANOV V.: Magnetofon construit de radioamatori, Radio, Nr. 5 (1952).

In articol se descrie un magnetofon relativ necomplicat care poate fi construit de radioamatori. Acest magnetofon permite înregistrarea cu ajutorul unei pelicule feromagnetice a transmisiilor vorbite și muzicale, ca și reproducerea lor.

Magnetofonul constă dintr'un mecanism pentru tracțiunea peliculei și un amplificator, utilizate atât la înregistrare cât și la reproducere.

După indicii săi, acest magnetofon asigură o calitate egală cu cea a magnetofoanelor de clasa a doua.

Fiecare casetă din mecanismul de tracțiunea peliculei cuprinde un rulou de 500 m lungime, ceeace permite înregistrarea sau reproducerea continuă timp de 22 minute la viteza de mișcare a peliculei de 385 mm/s.

Alimentarea magnetofonului se face cu curent alternativ de 110, 127 sau 220 V la priză.

In primul capitol se expune metoda de construcție a mecanismului de tracțiunea peliculei, reproducându-se o serie de scheme.

Artcolul va continua.

ANISIMOV V.: Despre alegerea antenei și dispozitivului de intrare al televizorului în scopul recepției pe distanțe mari, Radio, Nr. 6 (1952).

Autorul propune unele sugestii cu privire la alegerea antenei și dispozitivului de intrare al televizorului pentru a recepționa emisiunile la distanțe mari.

Când recepția are loc în locuri unde există paraziți puternici industriali, mărirea sensibilității aparatului este inoportună, căci ar prejudicia sincronizarea. Se impune, în asemenea împrejurri, aplicarea unei antene receptoare cu caracteristică accentuată de direcție în plan orizontal, așezarea antenei cât de departe de focarul paraziților și folosirea unei scheme de sicronizare antiparaziți.

In ceeace privește dispozitivul de intrare, se recomandă aplicarea unui dispozitiv-anexă, în forma unui etaj de amplificare de înaltă frecvență, executat după schema cu catoda pusă la pământ. Efectul aplicării acestui procedeu va fi amplificarea maximă a puterii și tensiunii.

SULGHIN C.: Calculul etajului de ieșire al emițătorului Radio, Nr. 6 (1952).

In articol se desvoltă metoda de calculare a etajului de eșire din emițător la putere dată a conexiunii în putere de telegraf.

Scopul calculului constă în determinarea mărimilor tuturor tensiunilor de alimentare. Mărimile inițiale pentru calcul sunt: puterea de intrare, gama undelor și datele lămpii alese.

Având la îndemână o serie de formule, grafice și tabele, autorul expune larg metoda pentru calculul circuitului anodic și grilei-ecran, dând și exemple.

Schema principială a etajului de eșire supusă calculării este reprodusă în figura 1.

MIHAILOV IU.: Post emițător de unde ultrascurte pentru reportaj, Radio, Nr. 6 (1952).

Se descrie un post emițător portativ de unde scurte, destinat petru efectuarea emisiunilor de actualități de pe stadioane, piețe, străzi, localuri acoperite etc. Postul asigură legătura ireproșabilă pe distanțe până la 1 km, ceeace ajunge pentru emisiuni spre centrul de retransmitere utilat cu un receptor de unde ultrascurte. Acolo reportajul poate fi înregistrat pe magnetofon sau transmis prin telefon către centrul de radiodifuziune.

Postul funcționează cu modulație de amplitudine pe o frecvență fixă în gama rezervată amatorilor. Alimentarea se face din doi acumulatori alcalini legați în paralel, consumându-se curent de 1,9 A. Tensiunea anodică de 120 V se obține cu ajutorul unui vibrator.

Schema principială a postului se redă în figura 1, aspectul lui general în figura 2. Se descriu detaliile, construcția, montajul și punerea la punct.

SUMARE DIN REVISTE SOVIETICE

„ELECTRICESTVO"
(ELECTRICITATE)

7 (1952)

Miroliubov A. V. şi *Rocolian S. S.*: Linia de transport de energie electrică de 400 kV Cuibîşev — Moscova. *Sirotin A. A.* — Acţionarea electrică cu motor asincron având un circuit oscilant în rotor. *Mezin E. C.* — Cuplaj cu excitaţie proprie şi cu colector. *Jivov L. C.* — Regulator de viteză al maşinii de ridicat pentru mine. *Tihomirov I. V.* — Ridicarea stabilităţii funcţionării grupurilor electrogene mobile la pornirea motoarelor electrice cu puteri comensurabile. *Iurancov V. D.* — Priză capacitivă de energie electrică cu antenă dela o linie de transport electric. *Bobrovscaia I. C. Bihovschi Ia. L.* ş. a. — Contribuţii la problema despre mecanismul descărcărilor prin impuls într'un interval lung. *Larinnov V. P.* — Despre mecanismul descărcărilor prin impulsuri într'un interval lung. *Bul. B.C.* — Despre calculul permeanţei câmpului în apropierea intrefierului. *Lomonosov V. Iu.* — Fenomene periodice în circuite neliniare. *Ichinson V. I.* — Caracteristicile schemelor electrice în lanţ în regim tranzitoriu. *Bogatirev O. H.* — Raţionalizarea metodelor de calcul a fenomenelor tranzitorii în circuitele electrice cu parametrii concentraţi. Din experienţa muncii — *Ter-Cezarian G. N.* — Măsurarea vibraţiilor hidrogeneratoriilor. *Fanasencov N. A.* — Frâna electromagnetică. Din istoria electrotehnicei. — *Cusev S. A.* — Prima linie de transport electric de curent trifazat. *Uspenschii E, S,* — Canalul Moscova, 15 ani de exploatare. Standarde şi norme — *Lipşit D. S.* — Proectul regulelor pentru executarea instalaţiilor electrotehnice. Conducte cu bare. Discuţii — *Sisoian G. A.* ,*Aronzon G. S.* ş.a. — Referitor la articolul lui V. I. Lomonosov „Calculul operaţional şi studiul electrotehnicii". Răsfoind paginile revistelor tehnice — Noi aparate şi mecanisme electrificate. Comanda automată a funcţionării troliului electric. O nouă instalaţie de compensare capacitivă a liniilor de transport. Cronică — Centrala electrică regională orăşenească dela Timleanscaia furnizează curent industriei. — Infiinţarea Academiei Poloneze de Ştiinţe. — Consfătuirea tehnică ştiinţifică din Leningrad, referitoare la mărirea factorului de putere. — Nomogramă romb.

Nr. 8 (1952)

Postnicov I. M. — Determinarea dimensiunilor economice ale maşinilor electrice. *Siromiatnicov I. A.* — Determinarea gradului de umezeală şi uscarea transformatorilor şi generatorilor. *Camel I. M.* — Determinarea caracteristicilor de pornire a motoarelor asincrone monofazate cu înfăşurare de pornire. *Voldev A. I.* — Despre schema echivalentă a transformatorului şi parametrii ei. *Sozonov V. G.* — Caracteristicile sistemelor motor generator cu circuite de reacţie. *Meerovici E. A.* — Metode tehnice pentru calculul regimurilor tranzitorii în sisteme electrice rurale în regimuri normale. *Nicogosov S. N.* — Despre principiile de construcţie a reţelelor de cabluri urbane pentru tensiuni medii. *Netuşil A. V.* —. Unele probleme ale teoriei încălzirii prin înaltă frecvenţă *Cazarnovschi D. M.* — Calculul condensatorilor neliniari. *Puhov G. E.* — Teoria metodei de divizare a schemelor în circuite componente. *Zemelman M. A.* — Metoda de stabilizare exactă a tensiunilor de curent continuu. Din practică — *Sceglev A. P.* şi *Cozarev V. C.* — Experienţa folosirii schemelor de distribuţie închise şi semiînchise în reţele electrice urbane. Din istoria electrotehnicei.— *Nemirovschi E. L.* — Materialele pentru biografia electrotehnicianului inventator rus din sec. XIX I. M. *Fedorovschi* Discuţii. — *Atabecov G. Y.* — *Cermin A. B.* — Pe marginea articolului lui A. B. Cermin „Folosirea organelor selective componente de impedanţă, pentru alegerea fazei defecte". Răsfoind revistele tehnice. Impuşcarea electrică a găurilor de mine în abatajele de exploatare. — Compensarea capacitivă longitudinală a liniilor de transport electric (scurtă trecerea în revistă). — Cristale piezoelectrice ca emiţători la aparatele de măsură a presiunii temperaturii şi umidităţii. — Compensator pentru verificarea instrumentelor de măsură pentru măsurători de precizie în curent alternativ. Cronică— Consfătuire în legătură cu istoria tehnicei. — 50 de ani dela naşterea profesorului L. R. Neiman. — *V. C. Lebedinschii.* Bibliografie. — Recenzia cărţii lui I. R. Belschii, *V. A. Desecherschii* ş.a. „Curs de electrotehnică generală pentru şcoli tehnice superioare neelectrotehnice. Electrotehnica Generală". Ed. „Gosenergoizdat" 1951, 639, pag. — Reguli pentru pregătirea manuscrisului de către autorii revistei „Electricestvo" (pag. 3 şi 4 depe copertă).

Nr. 9 (1952)

Micheev F. D. şi *Moghilnicov V. S.* — Cu privire la calculul electromagnetului cu spiră în scurt circuit în cazul când curentul este constant. *Bron O. V.* şi *Ghelbach L. A.* Mişcarea arcului electric de înaltă frecvenţă în reţeaua de stingere a arcului. *Igriţchii A. L.* — Studiul arcului de curent continuu în reţeaua de oţel *Cravcenco V. T.* — Capacitatea de inflamare a scânteilor electrice. *Ghitman M. I.* — Problemele alimentării cu energie electrică a agriculturii în regiunea marilor construcţii ale comunismului. *Moscalev A. G.* — Caracteristicile de frecvenţă ale sistemelor energetice. *Prâstai D. A.* — Calculul distanţelor maxime dintre suporţii liniilor aeriene. *Gheiler L. D.* — Problemele în legătură cu echipamentul electric al ascensoarelor rapide de curent continuu. *Cuvava A. T.* — Influenţa rezistenţei active din circuitul statorului asupra caracteris ticii maşinii sincrone în regim de generator. *Breslr A. M.* — Releu de inducţie pentru rezistenţă. *Trofinenco D. E.* — Metoda de calcul a duratei admisibile a scurtcircuitului într'un sistem de două serii de maşini. Din experienţa muncii. *Barvinschii L. L.* — Incălzirea prin inducţie a peştelui sărat. *Calonen I. M.* — Studiul experimental al bobinelor dela acţionarea electrică a troleurilor tramvaelor. Din istoria electrotehnicii . *Matiuhnin G. S.* — Stelele roşii ale Cremlinului din Moscova. 15 ani dela montarea lor. Standarde şi norme. *Lortchipanidze Z. G.* — Despre regulele de protecţie ale construcţiilor metalice subterane contra coroziunii datorite curenţilor vagabonzi. Discuţii. *Evseev V. I.* — Regulile de amenajare ale instalaţiilor electrotehnice. *Rahimov G. R.* — Cu privire la articolul lui Lomonosov V. I. „Calculul vectorial în învăţământul electrotehnic". Note şi scrisori. — *Rabinovici A. A.* — Cu privire la articolul lui Marevardt G. G. şi Sleane P. N. „Despre caracteristica optimă a motorului de tracţiune". *Venicov V. A.* şi *Socolov N. R.* — Cu privire la articolul lui Cracicovschii N. N. „Evaluarea capacităţii de transport a liniei electrice pe baza puterii nominale". Răsfoind revistele tehnice — Centrala electrică mobilă cu o putere de 28 KW. — Aparat pentru controlul stării conductorilor de punere la pământ. Din străinătate. *Visleuh L. A.* — Instalaţie de alimentaţie cu energie a unei porţiuni experimentale cu curent monofazat de 50 per sec., în căile ferate franceze (prezentare). *Recetian S. S.* — Proectul liniei electrice de transport de 300 kV. (prezentare). Cronică. — Consfătuire asupra energeticei şi electrificării noilor raioane irigate. *Belebrinschii S. S.* şi *Seleşcov C. C.* — Conferinţa — seminar asupra tehnicii noi folosite la căile ferate electrice. — Dela palatul inginerilor şi tehnicienilor „Dzerjinschii". Bibliografie. *Orlovschii A. V.* — Cartea lui Batehevici I. V., Vasiliev A. A. şi alţii „Partea electrică a centralelor şi substaţiilor de transformare" Gosenergoizdat" 1951, 744 pagini. — *Rîmar B. L. Cocian V. A.* ş.a. — Cartea lui *P. N. Coriunov, S. M. Pighin* şi *Sumilov — schii N. N.* „Contoare electrice" Gosenergoisdat 1951, 490 pagini. — Cărţi noi în domeniul electricităţii, electrotehnicii şi electroenergeticii. — Nomograma pentru ridicarea la putere a numerelor mai mici decât unitatea (pe pagina a 3-a a copertei).

Nr. 10 (1952)

Pentru un nou şi puternic avânt al electrificării Uniunii Sovietice. *Ivanov N. T., Petrov G. N.* — Generatori hidraulici. — *Gessen V. I., Ivaşev V. V.* şi alţii — Transformator pentru preluarea capacitivă a puterii electrice de transport de înaltă tensiune. — *Acodis N. N.* — Reglajul vitezei de creşterea a tensiunii inverse în circuitele cu valve ionice. *Caraev R. I.* — Metodă de calcul a regimurilor simetrice de funcţionare a cuptoarelor cu arc electric. *Fedcenco I. C., Ieruslimov M. E.* — O nouă metodă de încercări preventive a izolatorilor pentru aparate. *Gorbatov N. M.* — Calculul curenţilor de scurt circuit în circuitele trifazate cu asimetrie

succesivă. *Vechsler G. S.* — O nouă metodă de obținere a curbei principale de magnetizare. *Milștein V. N.* — Compensarea de frecvență a voltmetrelor pentru curent alternativ. Din istoria electrotehnicii. *Rjonsnițchi B. N.* — *Dimitrie Alexandrovici*, Lacinov, 50 ani dela moartea lui. *Belkind L. D.* — Prima expoziție Unională a tehnicii iluminatului din anul 1929. Discuții. *Aizenberg B. L.* — Voloțcoi N. V. Cu privire la articolul lui E. S. Iohvidov și G. V. Serbinovschii. „Cu privire la schemele rețelor electrice comunale, în legătură cu construirea de clădiri înalte". Electricestvo Nr. 12, 1951. Răsfoind revistele tehnice. *Uderman E., G., Kraiz A. G.* și alții — Succesele radiotehnicei sovietice. Stâlpii lămpilor de iluminat străzile. Redresori ignitroni de înaltă tensiune. Miezuri din oțel laminat la rece pentru transformatori de forță. Coordonarea locurilor de instalare a paratonerilor, cu nivelul de rezistență la șocuri al transformatorilor. Lămpi de luminiscență cu catode reci. Cronică. D.R. — Pe șantierele centralelor hidroelectrice uriașe de pe Volga construite în cadrul celui de al cincilea cincinal. *Ivanov I. I.* Dela plenara lărgită a Direcției Monitoe, consacrată deschiderii Canalului navigabil Volga-Don „V. I. Lenin" — Decorarea constructorilor Canalului navigabil Volga-Don „V. I. Lenin". — *Petrosov I. N.* — Consfătuirea Secțiilor din Sud ale Asociației unionale științifice a inginerilor și tehnicienilor electricieni. Bibliografie. Redacția — Alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor industriale. *Cajdan E. N., Scegolcov Z. N.* — *I. L. Mucoseev*, „Problemele alimentării cu energie electrică a întreprinderilor industriale".

ELECTRICESCHIE STANȚII
(CENTRALE ELECTRICE)

Nr. 7 (1952)

Scrisoarea muncitorilor, muncitoarelor, inginerilor tehnicienilor și funcționarilor de pe șantierul Centralei Hidro-Electrice dela Cahovca către tovarășul Iosif Vissarionovici Stalin. *Ermacov D. A.* și *Covalev I. N.*: 30 de ani dela construirea Centralei Electrice din Cașira. *Duel M. A.* și *Litvac N. R.*: Exploatarea sistemului hidraulic de reglaj automat al arderii. *Margulova T. H.*: Spălarea aburului de înaltă presiune pentru micșorarea antrenărilor de acid silicic. *Murin G. A.*: Măsurarea temperaturii aburului la eșapare; *Denisov P. A.*: Alimentarea mixtă cu apă a centralelor termoelectrice. *Grant B. C.*: Folosirea pompei pentru beton B-15 la construirea unei centrale electrice. *Vainștein G. M.*: Alegerea compoziției amestecului de beton în cazul utilizării pompelor de beton. *Miroliubov A. V.* și *Rocotian S. S.*: Linia de transport de energie electrică de 400 kV Cuibîșev-Moscova. *Pavlov G. M.*: Un dispoziriv care acționează asupra vitezei de variație a frecvenței în sistemele energetice, *Siromiatnicov I. A.*: Despre încercarea mașinilor electrice la înaltă tensiune. *Maniconiant L. G.*: Incercările preventive ale generatorilor sincroni. *Fainștein E. G.*: Autosincronizarea generatorului hidraulic cu ajutorul excitației. *Turchin G. E., Tagarcișvili G. I.* și *Elchin S. R.*: Autosincronizarea automată a generatorilor hidraulici. *Ter-Cazarian G. N.* și *Timofeev B. B.*: Generatorul hidraulic de mare putere, în regim asimetric. Schimb de experiențe în domeniul construcției și montajului. *Coclic V. S.*: Un nou sistem de fixare a centurii de aprindere. *Cuznețova E. D.* și *Climentov L. N.*: Sudarea cârligelor de izolare. *Ghinzburg-Sic. L. D.*: Determinarea puterii electromotorului mașinii de îndoit țevi. *Surcov S. I.*: Din experiența montajului rapid al părții electrice la o centrală termoelectrică. Schimb de experiență în exploatare. *Radoșinschi B. I.*: Deranjamente în funcționarea grătarelor lanț. *Sildoret M. M.*: Insuficiențe în funcționarea morilor cu puț cu jaluzele. *Liubațchii V. Z.*: Avaria unei turbine de înaltă presiune. *Franțuzov E. M.*: Reanclanșarea automată a electromotoarelor. *Toslenco I. I.*: Defectarea jugului transformatorului de mare putere. *Coșelev G. P.*: Montajul plecărilor cu conductori funie de cupru. *Filimon A. P.*: Protecția a două linii cu o singură garnitură de relee. *Sipov N. N.*: Despre protecția liniilor de transport de energie electrică, contra descărcărilor atmosferice. Cronică. *Plis G. S.*: Standarde noi pentru generatorii turbinelor cu aburi și hidraulice. Primirea la aspirantură la Institutul Unional de Termotehnică (VTI).

ELECTRICESCHIE STANȚII
(CENTRALE ELECTRICE)

Nr. 8 (1952)

Hotărîrea Consiliului de Miniștri U.R.S.S. cu privire la inaugurarea canalului navigabil Volga-Don. Decizia Prezidiumului Sovietului Suprem U.R.S.S. cu privire la atribuirea numelui „V. I. Lenin" canalului navigabil Volga-Don. Articol de fond: Pentru o continuă reducere a prețului de cost al energiei și îmbunătățirea situației financiare a întreprinderilor. *Director B. J., Luneev V. V.*, ș.a.: Punerea în funcțiune a unei baterii de cazane de înaltă presiune, cu circulație forțată, prevăzută cu mori cu puț. *Alexeev B. P., Jirnov N. I.* și *Semericov V. E.*: Mărirea rentabilității unei baterii de cazane de 160-200 t/oră prin instalarea unui preîncălzitor de aer VTI. *Chibric P. S., Minscaia M. I., Ianuțovici F. P.*: Incercarea trenului energetic M-2,5. *Beliaev A. A.*: Experiența funcționării morilor cu puț cu cărbune din bazinul Moscovei. *Starostin N. N.*: Despre defecțiunile angrenajelor dințate pentru antrenarea pompelor principale de ulei la turbine. *Crein S. N., Bremberg M. Z.*: Proprietățile termice ale uleiurilor energetice. *Petrov G. A.* și *Zagaburia I. A.*: Despre proiectarea bazinelor deschise pentru apă de mare. *Sefchind M. D.*: Ridicarea fundațiilor transformatorilor pentru a ușura rularea lor pe șine. *Ovseenco V. V.*: Despre utilizarea conductorilor divizați la linii de transport electric de 35 și 110 kV. *Socolov N. I.*: Utilizarea rezistențelor nelineare pentru mărirea stabilității excitatricelor generatorilor sincroni. *Lîtchin C. C.*: Despre îmbunătățirea izolației întrerupătorilor VM-35. Observațiile uzinei „Uralelectroaparat" cu privire la propunerile ing. Lîtchin pentru îmbunătățirea izolației întrerupătorilor VM-35. *Geredațchii S. A.*: Folosirea metodei de absorbție pentru controlul umidității izolației înfășurărilor transformatorilor. *Sincov V. M., Egorev J. V.*, ș.a.: Despre scheme de protecție cu utilizarea curentului alternativ principal. Discuții. *Safrasbechian C. S.*: Despre periodicitatea lucrărilor de reparație la întrerupătoare. *Babulevici V. M.*: idem. *Pverova G. C.*: idem. *Selediuc V. A.*: idem. *Gorenștein M. D.*: idem. *Cernișevici V. I.*: idem. *Morozov M. B.*: idem. *Velicenov F. I.* și *Reva S. A.*: idem. Schimb de experiență în construcție și montaj. *Chiselev N. V.*: Betonarea în timpul iernii. *Iacobson G. I.*: Perete frontal mobil pentru sala mașinilor. *Puhov G. A.*: Sudura cu arc a cuprului roșu cu electrozi de cărbune. *Zavadschii B. I.* și *Ilin V. A.*: Incărcarea hidraulică a cazanelor cu ajutorul aerului comprimat. Schimb de experiență în domeniul exploatării. *Riabinov B. S.*: Verificarea consumului specific de combustibil la centralele electrice. *Zelioman V. G.* și *Ciulcov N. P.*: Folosirea buldozerelor la depozitele de cărbune ale centralelor electrice. *Savinsvechii D. A., Stiunghel T. B.* și *Iachimeț E. M.*: Metodă complexometrică pentru determinarea durității apei. *Seluțev C. V.*: Despre vibrația variabilă a turbogeneratorilor. *Iacuea G. B.*: Cuplarea unui compensator sincron prin metoda autosincronizării. *Iacovlev A. F.*: Despre dispozitive de shuntare a întrerupătorilor principali pentru nevoi de reparație. *Musatev T. P.*: Deteriorarea tijelor de porțelan ale separatorilor instalațiilor de distribuție 6 kV în timpul probelor de recepție. *Saleev D. P.* și *Ternicov P. V.*: Instalații de încercare a cablurilor fără lămpi redresoare. *Aptev I. S.*: Un nou procedeu de tratare a hainelor de protecție pentru lucrări de tratare cu antiseptic a suporților. Cronica. La Direcția Tehnică a Ministerului: Condițiuni de folosire a cuprului, aliajelor de cupru și a aluminiului în instalații electrice. Despre anularea condițiilor de punere la pământ a punctului mediu al lanțurilor separatoare deasupra întrerupătorilor în ulei.

ELECTRICESCHIE STANȚII
(Centrale electrice)

Nr. 9 (1952)

Să alimentăm consumatorii în mod continuu cu energie. *Zaidel V. A.*: Despre durata construcției centralelor termoelectrice. *Biman V. M.* și *Lerer B. M.*: Centrala electrică de înaltă presiune cu cazane cu circulație, ecranate cu țevi coborîtoare și urcătoare. *Molocanov S. I., Rozenblat B. E.* și alții: Micșorarea uzurii economizoarelor și a pierderilor cu gazele de combustiune. *Abovschii A. P.*: Despre regimul staționar de circulație în țevile cazanelor de aburi. *Polușchin H. P.*: Determinarea dependențelor combinatorii ale paletelor cu pas reglabil dela turbinele hidraulice. *Cot A. A.*,

Cotlear R. V. şi *Hallaşina E. V.*: Evitarea depunerilor de săruri pe paletajul turbinelor. *Socolov V. S.*: Defectoscopia cu ultrasunet a metalelor. *Comisearov U. I.*: Procedeele de economisire a lemnului la reţelele de 3...10 kV. *Sterninson L. D.*: Determinarea caracteristicilor sistemelor energetice pentru instalarea dispozitivului de reducere automată a sarcinei în funcţie de frecvenţă. *Chedrin V. M.*: Organizarea exploatării, staţiilor raionale de transformare. *Lihaciov F. A.*: Mărirea siguranţei de funcţionare a paratonerilor tip valvă. *Galustov I. A.*: Utilizarea aparatelor pentru înregistrarea formării de chiciură la o linie electrică de transport din regiune muntoasă. Schimb de experienţă în domeniul construcţiei şi montajului. *Zavadschii B. I.*: Garnituri pentru flanşele răcitorilor de aburi dela un cazan de înaltă presiune. *Grant B. C.*: Recondiţionarea arborelui cotit dela pompa de beton B-15. *Levin I. L.*: Tăierea plăcilor de asbest cu o pânză circulară de ferestrău. *Cilaev G. A.*: Montarea compensatorului sincron fără ajutorul macaralei. Schimb de experienţă în domeniul exploatării. *Macaricev I. Z., Morduhovschii M. I.* şi alţii: Mărirea productivităţii morii cu tambur şi bile 232/380. *Bevacov A. V.*: Imbunătăţirea funcţionării regulatorului automat de alimentare, sistem Turbchin. *Corneeva P. V.*: Despre utilizarea filtru-presei a centrifugei la centralele electrice. *Volcov B. A.*: Alimentarea cu acid sulfuric pentru regenerarea filtrelor cu H-cationiţi. *Liapin P. C.* şi *Mitriucovschii V. M.*: Pornirea automată a generatorului hidraulic de rezervă în cazul scăderii frecvenţei. *Sapojnicov A. I.*: Modificarea sosirilor de 110 kV. *Moghilevschin D. L.*: Scheme cu semnalizare centrală. *Liuliaev C. V.*: Reanclanşarea automată la barele staţiei de transformare. *Zul N. M.*: Comportarea contactorilor în cazul reanclanşării automate. *Rostenco B. A.*: Dispozitiv pentru măsurarea timpului de declanşare al releelor şi al aparatelor. *Andriuşenco P. M.*: Exploatarea liniilor electrice de transport de 110 kV cu stâlpi de lemn. *Savcenco V. E.*: Schema receptorului de telefonie de înaltă frecvenţă cu filtru de protecţie tip PVZ. Cronica. Dela Direcţia Tehnică din Minister: Despre simplificarea protecţiei prin relee a reţelelor cu o tensiune mai mare de 110 kV şi cu o tensiune de 110 kV. Despre mărirea stabilităţii funcţionării sistemului energetic. Despre funcţionarea generatorilor hidraulici la sarcini asimetrice. *Codchind I. I.*: Consfătuire cu privire la problema cuplării generatorilor sincroni, utilizând autosincronizarea. *Savinovschii D. A.* şi *Sutefchii G. P.*: Recenzia cărţii lui *M. S.* Scrob, „Prepararea apei", Gosenergoizdat, 1950, 476 pag.

ELECTRICESCHIE STANŢII
(Centrale electrice)

Nr. 10 (1952)

Planul măreţelor lucrări şi sarcinile energeticienilor sovietici. *Varavifchi I. B., S. Ivanov* ş. a.: Impiedicarea eroziunii şi a înfundării cu cenuşe a preîncălzitoarelor de aer ale agregatelor de cazane. *Hijniac S. P.* şi *E. I. Ciulcov.*: Exploatarea ecranelor formate din ţevi cu dinţi. *Hazovsfchii I. L.* şi *M. A. Suvalov*: Primele rezultate ale exploatării preîncălzitoarelor de aer cu dimensiuni mici sistemul VTI. *Larionov D. P.* şi *V. V. Romanfov*: Utilizarea impulsurilor corespunzătoare variaţiei debitului de abur pentru automatizarea procesului de ardere. *Zalchind E. M., Zaharov N. P.*, ş. a.: Plafon din beton refractar pentru instalaţia de cazane cu abur. *Diner E. S.*: Utilizarea macaralei turn la montajul construcţiilor de clădiri şi utilaj. *Sâromiatnicov I. A.*: Despre posibilităţile de renunţare la uscarea maşinilor electrice. *Lâsacovschii G. P.* şi *Pebegailo C. M.*: Anclanşarea maşinilor rotative de înaltă tensiune fără uscare. *Luchin N. N.* şi *Fufurin N. P.*: Influenţa umezirii asupra rezistenţei electrice a generatoarelor. *Zagoschim E. I.*: Uscarea transformatorilor prin curent de secvenţă zero. *Zvedchin V. N.* şi *Loiţianscaia M. G.*: Rezistenţa la îngheţ a maselor de umplere. *Melnicov M. F., Cernobrovov N. V.* ş. a.: Releuri de blocare pentru îmbunătăţirea protejării liniilor lungi de 220 kV. Schimb de experienţă în domeniul construcţiilor şi montajului. *Turcin N. I.*: Măsuri de siguranţă la utilizarea încălzirii electrice a solului cu electrozi. *Copelev G. I.*: Transportarea transformatorului în oraş. *Murzanev E. P.* şi *Ternicov P. V.*: Mecanizarea săpării gropilor şi a instalării stâlpilor. Schimb de experienţă în domeniul exploatării. *Brailovschi P. M. Colianschii* ş. a.: Un sector de aprindere format din ţevi cu dinţi în zona arzătoare. *Boşniac L. L.*: Repararea armăturii de înaltă presiune. *Loctev B. G.*: Măcinarea cărbunilor în încărcarea redusă a morii cu bile. *Vasim D. M.* şi *Iampolschii E. V.*: Punerea la punct a funcţionării turnurilor de răcire. *Dudel S. A.*: Neajunsurile schemei de anclanşare a întrerupătoarelor în aer ale firmei „B.B.C'." *Ghedima P. I.* şi *Simanschii I. V.*: Combaterea depunerilor de chiciură pe cabluri. *Cuzmin C. P.* şi *Iacobson I. A.*: Cilindru de rulare pentru încercarea covoraşelor şi covoarelor lungi din cauciuc dielectrice. Cronica. Despre folosirea unor scheme sigure pentru pornirea electromotoarelor şi compensatoarelor.

„RADIO"

Nr. 6 (1952)

Pentru deplina folosire a rezervelor radioficării. Laureaţii premiului Stalin. *Haichin S.*: Un laureat al medaliei de aur „A. S. Popov". *Cazanschii N.*: Al cincilea concurs unional pentru titlul celui mai bun operator radio din Asociaţia voluntară pentru sprijinirea Armatei Aviaţiei şi Flotei DOSAAF. *Decuciaev M.*: Intrecerea maeştrilor. *Lazarenco I.*: Evidenţiaţii Dossaf-ului. *Reghinschi V.*: Preşedintele Consiliului Clubului de Radio din Leningrad. *Pedusaar H.*: Cercul de Radio al Casei de cultură. *Greibe G.*: O expoziţie de radio într'un Institut. Concursuri de specialităţi pentru cele mai bune propuneri în domeniul radio şi telecomunicaţiilor în 1952. *Suprîchin N.*: Alimentarea centralelor de radioficare VTU-20 dela reţeaua de curent alternativ. *Bezelianschi V.*: Radioreceptoarele ARZ-51 şi ARZ-52. *Pumper E.*: Triode cu cristal. *Nefedov A.*: Un radioreceptor portabil cu alimentarea universală. *Irjavschii A.* şi *Ainbinder I.*: Un aparat de radiorecepţie de cea mai bună calitate. Concursul festiv al radioamatorilor maghiari. *Elestcov I.*: Cea dea VI-a întrecere radiotelegrafică, unională a radioamatorilor pe unde scurte din DOSAAF. *Tadumadze. V.*: Primele întreceri radiotelegrafice ale amatorilor pe unde scurte ai Dosaaf-ului din RSS Georgiană. *Mihailov I.*: O staţie de radioreportaj pe unde ultrascurte. *Sulghin C.*: Calculul etajului final al unui emiţător. *Serenzen A.* şi *Cliugman I.*: Centrul didactico-experimental de televiziune al Institutului de electrocomunicaţii din Odesa. *Anisimov V.*: Despre alegerea antenei şi a primului etaj al unei televizor pentru recepţie la distanţă. *Lavandevschii B.*: Generator de semnale alimentat la baterii. *Gezdevschii A.*: Montaje relexe. *Slavin V.*: Cum se face depănarea unui aparat de radiorecepţie. Consultaţii tehnice. *Elin C.*: O carte folositoare. Recenzia cărţii lui G. A. Lazacov „Ţara noastră — patria radioului". Edit. DOSAAF. Ne scriu cititorii. Schimb de experienţă.

Nr. 7 (1952)

Puzin A.: Spre noi succese ale radio-ului sovietic. *Tvetcov N.*: Radiotelegrafiştii Flotei Maritime de Războiu. Sesiunea Asociaţiei Unionale tehnico-ştiinţifice „A. S. Popov". Expoziţia lucrărilor radioamatorilor constructori din Asociaţia voluntară pentru colaborarea cu armata, aviaţia şi flota (Dosaaf). *Spijevschii I.*: Aparate de radiorecepţie prezentate a cea de a 10-a expoziţie unională de radio. *Matlin S.*: Aparataj de încercări şi măsură. *Tramm S.*: Pentru o ridicare continuă a măestriei radioamatorilor. *Docuceaev N.*: La clubul de radio al Asociaţiei Dosaaf Lvov. *Stropov E.*: Un instructor activist social. *Samşur V.*: Un activist eminent în domeniul radiotehnicei naţionale. *Vladimir Constantinovici Lebedinschii. Gudcov P.*: Instalaţia unui centru de radioficare rurală. *Corolevţev I* şi *Fuighenbaum D.*: Radioreceptorul „Neva-52". *Cazanschii N.*: Bilanţul celei de a şasea întreceri a amatorilor de unde scurte din Asociaţia Dosaaf. *Cumaliaghin A.*: Emiţători de unde scurte la cea de a 10-a Expoziţie Unională a radioamatorilor-constructori. *Tocmacov J.*: Controlul funcţionării unui emiţător. *Labutin L.*: Generator de unde scurte pentru emiţători. *Costandi G.* şi *Iacovlev V.*: Adaptor pentru unde ultrascurte. Antenă de cameră pentru televiziune. *Majarschii P.*: Transformatorul generatorului baleiajului de linie la televiziune. *Liutomschii V.* şi *Olsvang N.*: Recepţia emisiunilor de televiziune în oraşul Roşal. *Sabaţchii N.*: Emiţătorii staţiilor de radiolocaţie.

PE MARGINEA ARTICOLULUI „TOLERANȚE ȘI AJUSTAJE IN CONSTRUCȚIA MAȘINILOR ELECTRICE"

din „Electricitatea" Nr. 10 (1952)

In articolul sus citat s'au dat sub forma unei tabele toleranțele și ajustajele în construcția mașinilor electrice, pe baza experienței sovietice.

Datorită faptului că dela publicarea acestui articol și până în prezent noi documentații sovietice consultate au adus și alte idei, în complectarea celor scrise în articolul „Toleranțe și ajustaje în construcția mașinilor electrice", dăm în anexă o complectare. Adaosurile sunt prezentate în așa mod, încât să poată fi introduse direct în textul tabelei din Nr. 10 al revistei.

Adaosuri

Pagina	Coloana	Rândul	In loc de	Se va citi
22		(de adăogat sub cele două tabele)...		Pentru diametrele dela 500 la 10.000 mm a se vedea GOST 2689—44
24	3,4	Nr. crt. 1, al. 4	$\frac{A2a}{C2a}$ $\frac{IE_3}{je3}$	$\frac{A2a}{C2a}$ sau $\frac{A2a}{D}$ $\frac{JE_3}{je3}$ sau $\frac{JE_3}{jd2}$
24	3,4	Nr. crt. 6, al. 3	$\frac{\Pi 2a^{(+}}{X_3}$ $\frac{TA3}{jc4}$	$\frac{\Pi^{(+}}{X_3}$ sau $\frac{\Pi 2a^{(+}}{X_3}$ $\frac{TA2,3}{jc4}$
24	3,4	Nr. crt. 8	$\frac{A3}{C3}$ $\frac{JE4}{je4}$	$\frac{A3}{C3}, \frac{A}{D}$ $\frac{JE_4}{je4}, \frac{JE2}{jd2}$
25	5	Nr. crt. 13, al. 1	fără pană.	fără pană și în general pentru mașinile reversibile
25	3,4	Nr. crt. 13, al. 3	$\frac{A2a}{H2a}$ $\frac{JE3}{tb3}$	$\frac{A}{H}, \frac{A2a}{H2a}$ $\frac{JE2,3}{tb2,3}$
26	5	Nr. crt. 17, al. 1	de macara	de macara, și în general pentru mașinile reversibile
26	4	Nr. crt. 17, al. 2	$, \frac{A}{H}$ $, \frac{JE_2}{tb2}$	$, \frac{A}{\Pi}$ $\frac{JE_2}{ta2}$
26	3,4	Nr. crt. 22, al. 3	$\frac{A}{\Pi}$ $\frac{JE2}{ta2}$	$\frac{A}{\Pi}, \frac{A}{C}$ $\frac{JE2}{ta2}, \frac{JE2}{je2}$
26	3,5	Nr. crt. 22, al. 4	$\frac{A3}{C3}$ $\frac{JE4}{je4}$	$\frac{A3}{C,C3}$ $\frac{JE4}{je2,4}$
26	5	Nr. crt. 22, al. 4	—	Pentru motoare cu tolele pe butuc, la viteze reduse.
26	3, 4, 5	Nr. crt. 22, al. 5	—	$\frac{A}{\Pi p}, \frac{JE2}{sb2}$ Pentru rotorii în sc. circ. cu colivia din aluminiu turnat, la mașini mici (arbore randalinat).
26	3, 4,5	Nr. crt. 22, al. 6	—	$\frac{A}{\Pi p23}, \frac{JE2}{sv4}$ — Idem, la mașini mici și medii
27	3,4	Nr. crt. 28	$\frac{\varnothing' A_3}{\varnothing C3}$ $\frac{\varnothing' JE_4}{\varnothing je4}$	$\frac{\varnothing' A_3}{\varnothing C3}, \frac{A_4}{C4}$ $\frac{\varnothing' JE_{4,6}}{\varnothing je\ 4,6}$
27	3.4	Nr. crt. 29, al. 2	$\frac{\varnothing_0' A_4}{\varnothing_0 C4}$ $\frac{\varnothing_0' JE6}{\varnothing_0 je6}$	$\frac{\varnothing_0' A4}{\varnothing_0 C4}, \frac{A4}{III4}$ $\frac{\varnothing_0' JE6}{\varnothing_0 je6,\ ja6}$
28	3,4	Nr. crt. 31	$\frac{\varnothing_2 A,A3}{\varnothing C}, \frac{\varnothing_2 JE2,4}{\varnothing je2}$	$\frac{\varnothing 2A}{\varnothing C}, \frac{A3}{C3}$ $\frac{\varnothing_2 JE_{2,4}}{\varnothing je\ 2,4}$
28	3,4	Nr. crt. 33, al. 2	$\frac{A}{X}$ $\frac{JE2}{jc2}$	$\frac{A}{X}, \frac{A}{X3}$ $\frac{JE2}{_2c\ 2,4}$
28	3, 4,5	Nr. crt. 33, al. 3	—	$\frac{A}{X}$ $\frac{JE2}{je2}$ Pentru mașinile electrice în general, până la 1000 rot/min.
28	3,4,5	Nr. crt. 33, al. 4	—	$\frac{A}{I}$ $\frac{JE2}{jb2}$ Idem, cu 1000—1500 rot/min.
28	3,4,5	Nr. crt. 33, al. 5	—	$\frac{A}{III}$ $\frac{JE2}{ja2}$ Idem, peste 1500 rot/min
28	3,4	Nr. crt. 37	$C3^{(+}$ $JE4$	$C3^{(+} = A3$ sau $C4^{+)} = A4$ $JE\ 4,6$

ERATA

(la articolul „**Toleranțe și ajustaje în construcția mașinilor electrice**" Electricitatea Nr. 10 (1952)

Pagina	Coloana	Rândul	In loc de	Se va citi
23	1	36 de sus	$-p$	$-\Gamma p$
23	2	33 de sus	„*jc*"	„*jc*2"
23	2	8 de jos	(*JE*2)	(*JE*3)
25	3	Nr. crt. 11, al. 2	$\frac{T'+}{T}$	$\frac{T'+}{H}$
25	4	Nr. crt. 13, al. 3	$\frac{JE2}{tb3}$	$\frac{JE3}{tb3}$
26	4	Nr. crt. 19	$\frac{JE_4}{s\times 4}$	$\frac{JE_4}{s\times 4}$
26	4	Nr. crt. 20, al. 1	$\frac{JE_2}{sb_1}$	$\frac{JE_1}{sv_1}$
26	4	Nr. crt. 20, al. 2	$\frac{JE_1}{sa_1}$	$\frac{JE_1}{su_1}$
26	4	Nr. crt. 20 al. 4	$\frac{JE_2}{su2}$	$\frac{JE_2}{sa2}$
26	4	Nr. crt. 22, al. 3	$\frac{JE_2}{tc2}$	$\frac{JE_2}{ta2}$
27	3	Nr. crt. 26, al. 2	$\varnothing \pm 0{,}25$ $\varnothing \pm 0{,}40$	$\varnothing + 0{,}025$ $\varnothing + 0{,}040$
27	2	Nr. crt. 28	capătului	căpăcelului
27	5	Nr. crt. 30	$\varnothing$ + întrefierul	$\varnothing$ + 2 întrefierul
28	5	Nr. crt. 31	$\varnothing$ + întrefierul	$\varnothing$ + 2 întrefierul

In Nr. 8—9 (1952) al revistei „Electricitatea", articolul „**Efectul pelicular în cazul conductorilor bimetalici**", s'au strecurat următoarele greșeli de tipar:

Pagina 18, rândul 17 se va scrie:

$$\frac{82{,}5\times 10^{-6}}{0{,}42\times 10^{-3}}\sqrt{\mathrm{j}} \quad \text{în loc de} \quad \frac{82{,}5\times 10^{-6}}{0{,}42\times 10^{-3}}$$

Pagina 19, rândurile 4...11, se vor înlocui cu următoarele:

$$\frac{\eta_1}{2\pi b} A\, J_0 (r\sqrt{\mathrm{j}}) = 152{,}700 \mid +1{,}5554 = -117{,}000 + \mathrm{j}\,98{,}200$$

$$\frac{\eta_1}{2\pi b} B\, H_0^{(1)} (r\sqrt{\mathrm{j}}) = 13{,}040 \mid -1{,}3060 = -\frac{6{,}025 - \mathrm{j}\,11{,}860}{123{,}025 + \mathrm{j}\,86{,}640}$$

$$A\, J_1 (r\sqrt{\mathrm{j}}) = 16640 \mid +1{,}7214 = -15060 + \mathrm{j}\,7050$$

$$B\, H_0^{(1)} (r\sqrt{\mathrm{j}}) = 1521 \mid +1{,}2256 = -\frac{528 + \mathrm{j}\,1425}{15588 + \mathrm{j}\,8475}$$

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele :

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție, precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil impersonal, clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academeiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeț, pe ambele exemplare trimise.
In mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografii, iar numărul lor să fie cel strict necesar înțelegerii textului. Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9 × 12 cm.
Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, cuprinzând neapărat legenedele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și foarte citeț. Indicii să fie scriși mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor :
Pentru tratate : numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeț, numele și pronumele complect, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon (instituție sau domiciliu), spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolelor și a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POȘTALE DELA ORAȘE ȘI SATE, PRIN FACTORI POȘTALI, PRIN PROPAGANDIȘTI, PRECUM ȘI LA SECȚIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

Tarif pentru întreprinderi — *LEI 100 anual*

„ pentru muncitori, tehnicieni, ingineri — *LEI 30 „*

AU APĂRUT IN

EDITURA ENERGETICA DE STAT

N. A. Semenenco: **„Resurse energetice secundare în industrie"**, (traducere din limba rusă) — 216 pag. . . . 11,60 lei

V. N. Pocrovschi: **„Alimentarea cu apă a centralelor electrice"**, (traducere din limba rusă) — 244 pag. . . . 15,— „

P. A. Dolin: **„Repararea transformatorilor"**, (traducere din limba rusă) — 200 pag. . . . . 10,95 „

N. Gheorghiu şi P. Militaru: **„Iluminatul electric"**, 416 pag. 18,20 „

L. V. Litvac: **„Problemele ameliorării factorului de putere în întreprinderile industriale"**, (traducere din limba rusă) — 120 pag. . . . . 7,80 „

M. I. Kusneţov: **„Electrotehnica"**, (traducere din limba rusă) 512 pag. . . . . 15,60 „

M. S. Riabov: **Partea electrică a instalaţiilor de iluminat"**, (traducere din limba rusă) — 232 pag. . . . . 13,50 „

. . . **„Instalaţii hidraulice de forţă"** — 328 pag. 19,10 „

N. G. Drozdov: **„Electricitatea statică în industrie"**, (traducere din limba rusă) — 160 pag. . . . . 9,45 „

. . . **„Agenda electricianului"**, 1953 (legată în pânză) 8 „

C. D. Voscresenschi: **„Culegere de probleme de transmiterea căldurii"**, (traducere din limba rusă) — 204 pag. 11 „

E. I. Ioganson: **„Utilizarea energiei râurilor"**, (trad. din limba rusă) 64 pag. . . . . 1,60 „

G. S. Bobrovschi: **„Călăuza fochistului dela instalaţiile industriale de cazane"**, (traducere din limba rusă) — 136 pag. 7,40 „

E 2940/d

KAT

Institut de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
OFERTE - CERERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

2972

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Könyvtár

3-4

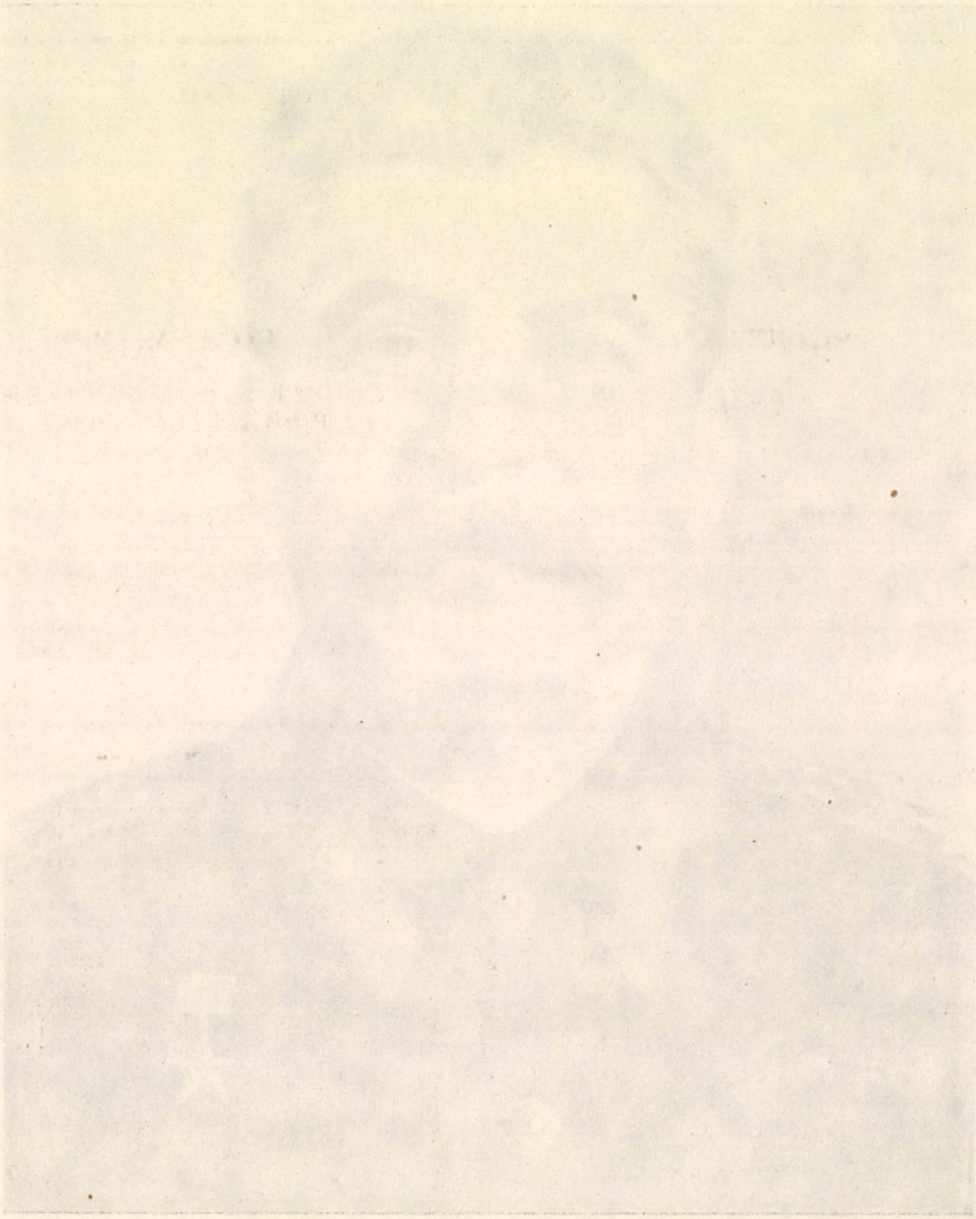
PENTRU UZ INTERN

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

1953

IOSIF VISSARIONOVICI STALIN

1879-1953



ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

APARE LUNAR SUB INGRIJIREA UNUI COMITET DE REDACŢIE

REDACŢIA: BUCUREŞTI ★ B-DUL 1848, Nr. 10 ★ TELEFON 3.07.30 — 3.57.28

Anul I • Nr. 3-4 Martie — Aprilie 1953

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

CUPRINSUL

Pag.

FUNERALIILE LUI IOSIF VISARIONOVICI STALIN: MEETINGUL DE DOLIU DIN PIAŢA ROŞIE

Cuvântarea tov. G. M. Malencov 5
Cuvântarea tov. L. P. Beria 6
Cuvântarea tov. V. M. Molotov 7
* * * Terminologia în electrotehnică 9
B. Herşcovici: Calculul vitezei de excitaţie a excitatricei 23
Şt. Grosu: Principii constructive şi de calcul în legătură cu proiectarea unei serii de transformatori 29
A. Ionescu şi N. Grumăzescu: Priza de pământ în instalaţiile de audiofrecvenţă 35
M. Păun: Pentru modernizarea industriei de elemente şi baterii galvanice din R. P. R. 42
Gh. Stoicescu: Electrosecuritatea în exploatarea condensatorilor statici 50

DISCUŢII

I. Constantinescu: Preciziuni cu privire la vectorul Umov—Poynting 54
T. Tănăsescu: Observaţii cu privire la articolul I. Constantinescu: „Preciziuni cu privire la vectorul Umov-Poynting 58

DIN EXPERIENŢA UNIUNEI SOVIETICE

L. Kollar: Rezonator cu cuarţ pentru unde sonore . 59

NOTE

I. Vonica: Transformări de energie în montaje de condensatori electrici 61
E. Hoppe: Intrarea peste ocupat la centrala telefonică tip „Tesla“ USH/60 V 63

DIN ACTIVITATEA A. S. I. T.

BIBLIOGRAFIE — DOCUMENTARE

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ПОХОРОНЫ ИОСИФА ВИССАРИНОВИЧА СТАЛИНА ТРАУРНЫЙ МИТИНГ НА КРАСНОЙ ПЛОЩАДИ

Речь тов. Г. М. Маленкова 5
Речь тов. Л. П. Берия 6
Речь тов. В. М. Молотова 7
* * * Терминология в электротехнике 9
Б. Гершкович: Расчет скорости возбуждения возбудителя 23
Ст. Гроссу: Конструктивные и расчетные принципы в связи с проэктированием серии трансформаторов средней мощности 29
А. Ионеску и Н Грумазеску: Заземление в установках звуковой частоты 35
М. Пэун: Для модернизации производства гальванических элементов и биттарей в РНР . . . 42
Г. Стойческу: Электробезопасность при эксплоатации статических конденсаторов 50

В ПОРЯДКЕ ОБСУЖДЕНИЯ

И. Константинеску: К вопросу о векторе Умов-Пойнтинг 54
Т. Танасеску: К статье И. Константинеску: „К вопросу о векторе Умов-Пойнтинг“ 58

ИЗ ОПЫТА СОВЕТСКОГО СОЮЗА

Л. Коллар: Кварцевые резонаторы звуковых волн 59

ЗАМЕТКИ

И. Воника: Преобразование энергии в монтажах электрических конденсаторов 61
Е. Хоппе: Включение в занятый провод на телефонной станции „Тесла“ УСХ/60 в. 63

ИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАУЧНОГО ОБЩЕСТВА ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ (А.С.И.Т.)

ЛИТЕРАТУРА — ДОКУМЕНТАЦИЯ

REDACȚIA: București, B-dul 1848 Nr. 10
Raionul Tudor Vladimirescu
Telefon: 30730 — 35728

FUNERALIILE LUI IOSIF VISSARIONOVICI STALIN

MEETINGUL DE DOLIU DIN PIAȚA ROȘIE

Cuvântarea tovarășului G. M. MALENCOV

Dragi compatrioți, tovarăși, prieteni!
Dragi frați de peste hotare!

Partidul nostru, poporul sovietic, întreaga omenire au suferit cea mai grea și ireparabilă pierdere. Și-a încheiat gloriosul său drum de viață învățătorul și conductătorul nostru, cel mai mare geniu al omenirii, Iosif Vissarionovici Stalin.

In aceste zile grele durerea adâncă a poporului sovietic este împărtășită de întreaga omenire înaintată și progresistă. Numele lui Stalin este nespus de scump oamenilor sovietici, celor mai largi masse populare din toate părțile lumii. Nemărginită este măreția și însemnătatea activității tovarășului Stalin pentru poporul sovietic și pentru oamenii muncii din toate țările. Opera lui Stalin va trăi în veacuri și urmașii recunoscători, la fel ca și noi toți, vor slăvi numele lui Stalin.

Tovarășul Stalin și-a închinat viața cauzei eliberării clasei muncitoare și a tuturor oamenilor muncii de sub jugul și asuprirea exploatatorilor, cauzei salvării omenirii de războaiele distrugătoare, cauzei luptei pentru o viață liberă și fericită a poporului muncitor pe pământ.

Tovarășul Stalin, marele gânditor al epocii noastre, a desvoltat în mod creator în noile condiții istorice învățătura marxism-leninismului. Numele lui Stalin stă, pe bună dreptate, alături de numele celor mai mari oameni din întreaga istorie a omenirii: Marx-Engels-Lenin.

Partidul nostru urmează măreața învățătură a marxism-leninismului, care dă partidului și poporului o forță de neînvins, priceperea de a deschide căi noi în istorie.

Timp de mulți ani, Lenin și Stalin au dus în condițiile grele ale ilegalității lupta pentru salvarea popoarelor Rusiei de sub jugul absolutismului, de sub jugul moșierilor și capitaliștilor.

In frunte cu Lenin și Stalin, poporul sovietic a înfăptuit cea mai măreață cotitură din istoria omenirii, a pus capăt orânduirii capitalismului în țara noastră și a pășit pe o cale nouă — calea socialismului.

Continuând opera lui Lenin și desvoltând necontenit învățătura leninistă care luminează mersul înainte al partidului și Statului Sovietic, tovarășul Stalin a condus țara noastră la victoria istorică mondială a socialismului, ceeace, pentru prima dată după multe milenii de existență a societății omenești, a asigurat lichidarea exploatării omului de către om.

Lenin și Stalin au întemeiat primul stat din lume al muncitorilor și țăranilor, Statul nostru Sovietic. Tovarășul Stalin a muncit necontenit pentru întărirea Statului Sovietic. Tăria și puterea statului nostru constituie cea mai importantă condiție a construirii cu succes a comunismului în țara noastră.

Datoria noastră sfântă este de a întări și mai departe, necontenit și pe toate căile, marele nostru stat socialist, bastionul păcii și securității popoarelor.

De numele tovarășului Stalin este legată rezolvarea uneia din cele mai complexe probleme din istoria desvoltării societății — problema națională. Tovarășul Stalin, cel mai mare teoretician al problemei naționale, a asigurat pentru prima oară în istorie, pe scara unui uriaș stat multinațional, lichidarea secularei desbinări naționale. Sub conducerea tovarășului Stalin, partidul noastru a lichidat rămânerea în urmă, economică și culturală, a popoarelor înainte subjugate, a unit strâns într'o singură familie frățească toate națiunile Uniunii Sovietice și a făurit prietenia popoarelor.

Datoria noastră sfântă este de a asigura întărirea continuă a unității și prieteniei popoarelor țării sovietice, întărirea Statului Sovietic multinațional. Datorită prieteniei popoarelor țării noastre, nu ne temem de niciun fel de dușmani, nici dinăuntru, nici din afară.

Sub conducerea directă a tovarășului Stalin a fost făurită, a crescut și s'a întărit Armata Sovietică. Consolidarea capacității de apărare a țării și întărirea forțelor armate sovietice au fost obiectul preocupării permanente a tovarășului Stalin. In frunte cu marele său comandant de oști — Generalissimul Stalin — Armata Sovietică a repurtat victoria istorică în cel de al doilea război mondial și a salvat popoarele Europei și Asiei de primejdia robiei fasciste.

Datoria noastră sfântă este de a întări pe toate căile puternicele forțe armate sovietice. Trebue să le menținem în stare de pregătire de luptă pentru o ripostă zdrobitoare oricărei agresiuni a dușmanului.

Ca rezultat al muncii neobosite a tovarășului Stalin, pe baza planurilor elaborate de el, partidul nostru a transformat țara — înainte înapoiată — într'o mare putere industrial-colhoznică, a făurit o nouă orânduire economică, care nu cunoaște crize și șomaj.

Datoria noastră sfântă este de a asigura înflorirea continuă a patriei socialiste. Trebue să desvoltăm prin toate mijloacele industria socialistă, temelia forței și tăriei țării noastre. Trebue să întărim pe toate căile orânduirea colhoznică, să obținem avântul și înflorirea continuă a tuturor colhozurilor din Țara Sovietică, să întărim alianța clasei muncitoare cu țărănimea colhoznică.

In domeniul politicii interne, preocuparea noastră principală este de a urmări cu fermitate îmbunătățirea continuă a bunei stări materiale a muncitorilor, colhoznicilor, intelectualilor, a tuturor oamenilor sovietici. Datoria de a ne îngriji fără preget de bună starea poporului, de satisfacerea maximală a nevoilor lui materiale și culturale este lege pentru partidul și guvernul nostru.

Lenin și Stalin au făurit și au oțelit partidul nostru ca o măreață forță transformatoare a societății. Toată viața lui, tovarășul Stalin ne-a învățat că nimic nu este mai presus de titlul de membru al Partidului Comunist. In lupta dârză împotriva dușmanilor, tovarășul Stalin a apărat unitatea și coeziunea de monolit a rândurilor partidului nostru.

Datoria noastră sfântă este de a întări și de acum înainte marele Partid Comunist. Forța și invincibilitatea partidului nostru rezidă în unitatea și coeziunea rândurilor sale, în unitatea de voință și acțiune, în priceperea membrilor partidului de a contopi voința lor cu voința și năzuințele partidului. Forța și invincibilitatea partidului nostru rezidă în legătura indisolubilă cu massele populare. Baza unității partidului și poporului este slujirea nestrămutată de către partid a intereselor poporului. Trebue să păzim ca lumina ochilor unitatea partidului, să întărim și mai mult legăturile indisolubile ale partidului cu poporul, să-i educăm pe comuniști și pe toți oamenii muncii în spiritul unei înalte vigilențe politice, în spiritul instransigenței și fermității în lupta împotriva dușmanilor interni și externi.

Sub conducerea marelui Stalin a fost făurit puternicul lagăr al păcii, democrației și socialismului. In acest lagăr, într'o strânsă unitate frățească, pășesc înainte alături de

poporul sovietic marele popor chinez, popoarele frăţeşti ale Poloniei, Cehoslovaciei, Bulgariei, Ungariei, României, Albaniei, Republicii Democrate Germane, Republicii Populare Mongole. In luptă dârză îşi apără independenţa patriei sale eroicul popor coreean. Pentru libertatea şi independenţa sa naţională luptă cu vitejie poporul Vietnamului.

Datoria noastră sfântă este de a apăra şi a întări cea mai măreaţă cucerire a popoarelor — lagărul păcii, democraţiei şi socialismului, de a întări legăturile de prietenie şi solidaritate dintre popoarele ţărilor din lagărul democratic. Trebue să întărim pe toate căile prietenia frăţească, indestructibilă, veşnică a Uniunii Sovietice cu marele popor chinez, cu oamenii muncii din toate ţările de democraţie populară.

Popoarele din toate ţările îl cunosc pe tovarăşul Stalin ca pe marele stegar al păcii. Tovarăşul Stalin a închinat cele mai mari eforturi ale geniului său apărării cauzei păcii pentru popoarele din toate ţările. Politica externă a Statului Sovictic — politica păcii şi prieteniei între popoare — este obstacolul hotărîtor în calea deslănţuirii unui nou război, ea corespunde intereselor vitale ale tuturor popoarelor. Uniunea Sovietică a apărat şi apără permanent cauza păcii, deoarece interesele ei nu pot fi despărţite de cauza păcii în întreaga lume. Uniunea Sovietică a dus şi duce politica consecventă de menţinere şi întărire a păcii, politica de luptă împotriva pregătirii şi deslănţuirii unui nou război, politica de colaborare internaţională şi de desvoltare a legăturilor de afaceri cu toate ţările, politică izvorîtă din teza leninist-stalinistă a posibilităţii coexistenţei îndelungate şi a întrecerii paşnice între cele două sisteme diferite — capitalist şi socialist.

Marele Stalin ne-a educat în spiritul slujirii cu un devotament fără margini a intereselor poporului. Noi suntem slujitorii credincioşi ai poporului, iar poporul vrea pace, urăşte războiul. Să fie sfântă pentru noi toţi dorinţa poporului de a nu îngădui vărsarea sângelui a milioane de oameni şi de a asigura construirea paşnică a unei vieţi fericite!

In domeniul politicii externe, principala noastră preocupare este de a nu îngădui un nou război, de a trăi în pace cu toate ţările. Partidul Comunist al Uniunii Sovietice, Guvernul Sovietic consideră că cea mai justă, necesară şi dreaptă politică externă este politica păcii între toate popoarele, bazată pe încredere reciprocă activă, politică sprijinită pe fapte şi confirmată prin fapte. Guvernele trebue să-şi slujească cu credinţă popoarele, iar popoarele doresc fierbinte pacea, blestemă războiul. Sunt criminale acele guverne care vor căuta să înşele popoarele, care vor merge împotriva dorinţei sfinte a popoarelor de a menţine pacea şi de a nu îngădui un nou măcel sângeros.

Partidul Comunist, Guvernul Sovietic consideră că politica păcii între popoare este singura politică justă, corespunzătoare intereselor vitale ale tuturor popoarelor.

Tovarăşi!

Incetarea din viaţă a conducătorului şi învăţătorului nostru, marele Stalin, impune tuturor oamenilor sovietici datoria de a-şi spori eforturile pentru înfăptuirea sarcinilor grandioase ce stau în faţa poporului sovietic, de a-şi mări contribuţia la cauza comună a construirii societăţii comuniste, a întăririi forţei şi capacităţii de apărare a Patriei noastre socialiste.

Oamenii muncii din Uniunea Sovietică văd şi ştiu că puternica noastră Patrie merge spre noi succese. Avem tot ceeace este necesar pentru construirea unei societăţi comuniste depline.

Cu încredere fermă în forţele şi posibilităţile sale inepuizabile, poporul sovietic înfăptuieşte măreaţa operă a construirii comunismului. Nu există în lume forţe care să poată opri mersul înainte al societăţii sovietice spre comunism!

Adio, învăţătorul şi conducătorul nostru, prietenul nostru iubit, scumpe tovarăşe Stalin!

Inainte, pe calea triumfului deplin al măreţei cauze a lui Lenin-Stalin!

Cuvântarea tovarăşului L. P. BERIA

Dragi tovarăşi, prieteni!

E greu să exprimi în cuvinte sentimentul de mare durere pe care îl încearcă în aceste zile partidul nostru şi popoarele ţării noastre, întrega omenire progresistă.

Nu mai este Stalin, marele tovarăş de luptă şi genialul continuator al operei lui Lenin. Ne-a părăsit omul cel mai apropiat şi cel mai scump tuturor oamenilor sovietici, milioanelor de oameni ai muncii din întreaga lume.

Intreaga viaţă şi activitate a marelui Stalin este o pildă însufleţitoare de credinţă faţă de leninism, o pildă de slujire fără preget a clasei muncitoare şi a întregului popor muncitor, a cauzei eliberării oamenilor muncii de asuprire şi exploatare.

Marele Lenin a întemeiat partidul nostru şi l-a condus la victoria revoluţiei proletare.

Impreună cu marele Lenin, genialul său tovarăş de luptă, Stalin, a întărit Partidul Bolşevic şi a creat primul stat socialist din lume.

După moartea lui Lenin, Stalin a condus timp de aproape 30 de ani partidul şi ţara noastră pe calea lui Lenin. Stalin a apărat leninismul de numeroşi duşmani şi, în noile condiţii istorice, a desvoltat şi îmbogăţit învăţătura lui Lenin. Înţeleapta conducere a marelui Stalin a asigurat poporului nostru construirea socialismului în U.R.S.S. şi victoria istorică mondială a Uniunii Sovietice în Marele Război pentru Apărarea Patriei. Marele constructor al comunismului, genialul conducător, scumpul nostru Stalin, a înarmat partidul şi poporul nostru cu măreţul program al construirii comunismului.

Tovarăşi,

De nestins este durerea inimilor noastre, neînchipuit de grea este pierderea, dar nici această durere grea nu va frânge voinţa de oţel a Partidului Comunist, nu va clinti unitatea şi hotărîrea lui fermă în lupta pentru comunism.

Partidul nostru, înarmat cu teoria revoluţionară a lui Marx-Engels-Lenin-Stalin, înţelept prin experienţa unei jumătăţi de secol de luptă pentru interesele clasei muncitoare şi ale tuturor oamenilor muncii, ştie cum să conducă pentru a asigura construirea societăţii comuniste.

Comitetul Central al partidului nostru şi Guvernul Sovietic au trecut în opera de conducere a ţării, prin marea şcoală a lui Lenin şi Stalin.

In focul războiului civil şi al intervenţiei, în anii grei ai luptei împotriva ruinei economice şi a foametei, în lupta pentru industrializarea ţării şi pentru colectivizarea agriculturii, în anii grei ai Marelui Război pentru Apărarea Patriei, când se hotăra soarta Patriei noastre şi soarta întregii omeniri, Comitetul Central al partidului şi Guvernul Sovietic, conducând şi îndrumând eroica luptă a poporului sovietic, au dobândit o experienţă uriaşă în conducerea partidului şi a ţării.

Deaceea, popoarele Uniunii Sovietice se pot bizui şi deacum înainte cu deplină încredere pe Partidul Comunist, pe Comitetul său Central şi pe Guvernul lor Sovietic.

Duşmanii Statului Sovietic îşi fac socoteala că greaua pierdere suferită de noi va duce la disensiuni şi desorientare în rândurile noastre.

Dar socotelile lor sunt zadarnice: îi aşteaptă o dezamăgire cruntă.

Cine nu este orb vede că partidul nostru, în zilele grele pentru el, îşi strânge şi mai mult rândurile, că el este strâns unit şi de neclintit.

Cine nu este orb vede că în aceste zile de adâncă durere, toate popoarele Uniunii Sovietice, în unire frăţească cu marele popor rus, şi-au strâns şi mai mult rândurile în jurul Guvernului Sovietic şi al Comitetului Central al Partidului Comunist. Poporul sovietic sprijină în unanimitate atât politica internă, cât şi politica externă a Statului Sovietic.

Politica noastră internă se bazează pe alianţa indestructibilă a clasei muncitoare cu ţărănimea colhoznică, pe prietenia frăţească dintre popoarele ţării noastre, pe unirea

trainică a tuturor republicilor naţionale sovietice în sistemul marelui stat multinaţional unitar — Uniunea Republicilor Sovietice Socialiste. Această politică are drept scop întărirea continuă a puterii economice şi militare a statului nostru, desvoltarea continuă a economiei naţionale, satisfacerea maximală a nevoilor materiale şi culturale crescânde ale întregii societăţi sovietice.

Muncitorii, ţărănimea colhoznică, intelectualitatea ţării noastre pot munci în liniştе şi siguranţă, ştiind că Guvernul Sovietic va apăra cu grijă şi fără preget drepturile lor înscrise în Constituţia Stalinistă.

Politica noastră externă este limpede şi uşor de înţeles. Din primele zile ale Puterii Sovietice, Lenin a definit politica externă a Statului Sovietic ca o politică de pace.

Această politică de pace a înfăptuit-o neabătut marele continuator al operei lui Lenin, înţeleptul nostru conducător, Stalin.

Şi de acum înainte, politica externă a Guvernului Sovietic va fi politica leninist-stalinistă de menţinere şi întărire a păcii, de luptă împotriva pregătirii şi deslănţuirii unui nou război, politica de colaborare internaţională şi de desvoltare a legăturilor de afaceri cu toate ţările, pe bază de reciprocitate.

In lupta comună pentru cauza păcii în întreaga lume, Guvernul Sovietic va întări şi mai mult alianţa, prietenia şi colaborarea frăţească, larga colaborare economică şi culturală cu marea Republică Populară Chineză, cu toate ţările de democraţie populară şi cu Republica Democrată Germană. Fraţii şi prietenii noştri de peste hotare pot fi siguri că Partidul Comunist şi popoarele Uniunii Sovietice, credincioase steagului internaţionalismului proletar, steagul lui Lenin-Stalin, vor întări şi desvolta şi pe viitor legăturile de prietenie cu oamenii muncii din ţările capitaliste şi coloniale, care luptă pentru cauza păcii, democraţiei şi socialismului.

Sentimente adânci de prietenie leagă poporul nostru de eroicul popor coreean care luptă pentru independenţa sa.

Marii noştri conducători, Lenin şi Stalin, ne-au învăţat să ridicăm şi să ascuţim neîncetat vigilenţa partidului şi a poporului faţă de uneltirile şi intrigile duşmanilor Statului Sovietic.

Acum, trebue să ne întărim şi mai mult vigilenţa.

Să nu creadă nimeni că duşmanii Statului Sovietic ar putea să ne surprindă nepregătiţi.

Pentru apărarea Patriei Sovietice, vitezele noastre forţe armate au fost înzestrate cu toate tipurile de armament modern. Imbogăţiţi cu experienţa Marelui Război pentru Apărarea Patriei, soldaţii şi matrozii noştri, ofiţerii şi generalii vor şti să întâmpine aşa cum se cuvine pe orice agresor care s'ar încumeta să atace ţara noastră.

Forţa şi tăria de neclintit a statului nostru rezidă nu numai în faptul că are o armată călită în lupte şi încununată de glorie.

Puterea Statului Sovietic constă în unitatea poporului sovietic, în încrederea poporului în Partidul Comunist — forţa conducătoare a societăţii sovietice, în încrederea poporului în Guvernul său Sovietic.

Partidul Comunist şi Guvernul Sovietic dau o înaltă preţuire acestei încrederi a poporului.

Poporul sovietic a primit cu aprobare unanimă Hotărîrea Comitetului Central al Partidului nostru, a Consiliului de Miniştri şi a Prezidiului Sovietului Suprem al U.R.S.S. cu privire la luarea unor măsuri extraordinar de importante în scopul asigurării unei normale şi juste conduceri a întregii vieţi a ţării. Una din aceste hotărîri importante este numirea ca Preşedinte al Consiliului de Miniştri al U.R.S.S. a lui Gheorghi Maximilianovici Malencov, discipol talentat al lui Lenin şi credincios tovarăş de luptă al lui Stalin. Hotărîrile adoptate de organele supreme de partid şi de stat din ţara noastră au constituit expresia vie a unităţii şi coeziunii depline în conducerea partidului şi a statului.

Această unitate şi coeziune în conducerea ţării sunt chezăşia traducerii cu succes în viaţă a politicii interne şi externe, elaborată dealungul anilor de partidul şi guvernul nostru, sub conducerea lui Lenin şi Stalin.

Stalin, întocmai ca şi Lenin, a lăsat partidului şi ţării noastre o măreaţă moştenire care trebue păzită ca lumina ochilor şi neîncetat sporită.

Marele Stalin a educat şi a unit strâns în jurul său o cohortă de conducători încercaţi în lupte, care şi-au însuşit măestria leninist-stalinistă a conducerii, pe a căror umeri a căzut răspunderea istorică de a duce până la sfârşitul victorios măreaţa operă începută de Lenin şi continuată cu succes de Stalin.

Popoarele ţării noastre pot fi sigure că Partidul Comunist şi Guvernul Uniunii Sovietice nu-şi vor cruţa forţele şi viaţa pentru a păstra unitatea de oţel a rândurilor partidului şi a conducerii sale, pentru a întări prietenia indestructibilă a popoarelor Uniunii Sovietice, pentru a întări puterea Statului Sovietic, pentru a păstra neclintit credinţa faţă de ideile marxism-leninismului şi pentru a conduce Ţara Socialismului la comunism, urmând poruncile lui Lenin şi Stalin.

Veşnică slavă iubitului şi scumpului nostru conducător şi învăţător, marele Stalin!

Cuvântarea tovarăşului V. M. MOLOTOV

Dragi tovarăşi şi prieteni!

In aceste zile trăim cu toţii o durere grea — încetarea din viaţă a lui Iosif Vissarionovici Stalin, pierderea marelui conducător şi, totodată, a omului apropiat, drag, nespus de scump. Şi noi, prietenii lui vechi şi apropiaţi, şi multele milioane de oameni sovietici ca şi oamenii muncii din toate ţările, din întreaga lume, ne luăm azi rămas bun dela tovarăşul Stalin pe care noi toţi l-am iubit atât de mult şi care va trăi întotdeauna în inimile noastre.

Tovarăşul Stalin se numea pe sine discipol al lui Lenin, împreună cu care a făurit şi a construit marele nostru Partid Comunist, împreună cu care a condus lupta revoluţionară a poporului împotriva ţarismului şi a capitalismului pentru scuturarea jugului moşierilor şi capitaliştilor din ţara noastră, împreună cu care a făurit şi construit Statul nostru Sovietic socialist, împreună cu care a pus bazele colaborării şi unirii frăţeşti a popoarelor mari şi mici, care creşte sub ochii noştri.

Stalin este marele continuator al marii opere a lui Lenin.

Sub conducerea Partidului Comunist, în frunte cu tovarăşul Stalin, poporul sovietic a construit socialismul în ţara noastră şi a desfăşurat opera de înfăptuire a măreţului program de ridicare necontenită a bunei stări materiale şi a nivelului cultural al poporului sovietic, a repurtat victoria istorică mondială asupra fascismului în cel de al doilea război mondial şi prin aceasta a slăbit în mod hotărîtor forţele duşmanilor externi ai U.R.S.S., a scos Uniunea Sovietică din situaţia de izolare internaţională, asigurând formarea lagărului invincibil al statelor iubitoare de pace cu o populaţe de 800 de milioane de oameni, a deschis ţării noastre perspectivele luminoase ale construirii societăţii comuniste, întemeiate pe munca liberă, pe adevărata egalitate şi frăţie a oamenilor.

Ne putem mândri pe bună dreptate că, în ultimii 30 de ani, am trăit şi am muncit sub conducerea tovarăşului Stalin. Noi suntem educaţi de Lenin şi Stalin. Noi suntem discipolii lui Lenin şi Stalin. Noi vom ţine minte întotdeauna ceeace ne-a învăţat, până în ultimele zile, Stalin, deoarece noi vrem să fim discipoli şi urmaşi credincioşi şi demni ai lui Lenin, discipoli şi urmaşi credincioşi şi demni ai lui Stalin.

Intreaga viaţă a tovarăşului Stalin, luminată ca de lumina soarelui de măreţele idei ale însufleţitului luptător al poporului pentru comunism, este pentru noi o pildă vie şi dătătoare de viaţă.

Stalin a ieşit din popor, a simţit întotdeauna legătura sa de sânge cu poporul, cu clasa muncitoare şi ţărănimea muncitoare, şi-a închinat poporului toate forţele sale viguroase, tot geniul său măreţ. Incă adolescent, Stalin, cu mintea sa luminoasă, a văzut şi a înţeles profund că, în vremurile noastre, poporul îşi poate găsi drumul spre o viaţă fericită numai pe căile luptei pentru comunism. Şi aceasta a determinat calea vieţii sale. Stalin s'a dedicat în întregime, şi-a

închinat întreaga sa viață luptei pentru comunism, luptei pline de abnegație pentru fericirea oamenilor muncii, pentru fericirea poporului.

Stalin a știut întotdeauna să îmbine greaua activitate de zi cu zi a comunistului revoluționar în rândurile masselor muncitoare, cu studierea adâncă a teoriei marxismului.

Așa era el în anii tinereții la Tbilisi, la Bacu. Așa era el în anii furtunoși ai revoluției ruse și în anii grei ai reacțiunii țariste, când era strâns legat de muncitorii din Petersburg, aflându-se mereu sub ploaia represiunilor, mereu supus prigonirilor în închisori și în deportări.

Capacitățile excepționale ale tovarășului Stalin, de organizator inegalabil al partidului nostru și al Statului Sovietic și de teoretician genial al marxism-leninismului, s'au manifestat în toată amploarea lor în anii revoluției și ai construirii socialismului.

In acești ani, partidul noastru a crescut, s'a ridicat și a devenit marea forță conducătoare a revoluției socialiste în țara noastră și a dobândit însemnătatea de forță conducătoare în întreaga mișcare muncitorească internațională. In acești ani, Statul Sovietic multinațional, care a devenit modelul înfăptuirii practice a prieteniei și colaborării frățești a popoarelor, sprijinindu-se pe clasa muncitoare și pe țărănimea colhoznică, s'a întărit ca stat al socialismului victorios și a pornit pe calea făuririi societății comuniste. Un rol gigantic în conducerea întregii acestei opere, în întreaga desvoltare a forțelor partidului nostru și ale Statului Sovietic, îi revine tovarășului Stalin.

In toți acești ani, Stalin nu numai că a condus zi de zi construcția socialistă în U.R.S.S. El a lucrat permanent la problemele teoretice ale construirii comunismului în țara noastră și la problemele desvoltării internaționale în ansamblul ei, luminând cu lumina științei marxism -leninismului căile desvoltării continue a U.R.S.S., legile desvoltării socialismului și capitalismului în condițiile contemporane. El a înarmat partidul nostru și întregul popor sovietic cu noi descoperiri de cea ma mare importanță ale științei marxist-leniniste, care luminează pentru mulți ani mersul nostru înainte spre victoria comunismului.

Stalin a condus direct făurirea și organizarea forțelor Armatei Roșii și glorioasele ei fapte de arme pe fronturile cele mai hotărîtoare în anii războiului civil. Stalin, în calitatea sa de comandant suprem în anii Marelui Război pentru Apărarea Patriei, a condus țara noastră la victoria asupra fascismului, victorie care a schimbat radical situația în Europa și Asia.

A fi discipoli credincioși și demni ai lui Stalin însemnă a ține minte întotdeauna și a avea necontenit grijă de întărirea Armatei Sovietice și a Flotei Maritime Militare, asigurând cuvenita pregătire a forțelor armate sovietice pentru eventualitatea oricărui atac al vreunui agresor împotriva țării noastre. A fi discipoli credincioși și demni ai lui Stalin înseamnă deasemenea a da dovadă de vigilență și fermitatea necesară în lupta împotriva tuturor uneltirilor, de orice fel, ale dușmanilor noștri, ale agenților statelor imperialiste agresive.

Statul nostru Sovietic n'are niciun fel de țeluri agresive și în ceeace-l privește nu se amestecă în afacerile altor țări. Politica noastră externă, cunoscută în întreaga lume ca politica externă stalinistă de pace, este o politică de apărare a păcii între popoare, o politică neclintită de menținere și întărire a păcii, de luptă împotriva pregătirii și deslănțuirii unui nou război, o politică de colaborare internațională și de desvoltare a legăturilor de afaceri cu toate țările care tind și ele spre aceasta. O asemenea politică externă corespunde intereselor fundamentale ale poporului sovietic și totodată, intereselor tuturor celorlalte popoare iubitoare de pace.

In țara noastră a fost creat, pe bază sovietică, un stat multinațional care, prin trăinicia sa, prin creșterea necontenită a forței materiale și prin avântul culturii popoarelor, nu-și are seamăn în istorie. In toată această operă, și în primul rând în opera desvoltării unor relații noi, prietenești între popoarele țării noastre, un rol deosebit, excepțional de mare, revine tovarășului Stalin. Stalin nu numai că a condus desvoltarea Statului nostru Sovietic multinațional timp de mulți ani, dar deasemenea a elucidat teoretic cele mai importante probleme contemporane ale chestiunii naționale și coloniale, contribuind și în acest domeniu la desvoltarea bazelor științifice ale marxism-leninismului.

In actualele condiții toate acestea au o importanță deosebit de mare, în special în legătură cu constituirea statelor de democrație populară și creșterea mișcării de eliberare națională în colonii și în țările dependente. Credincioase principiilor internaționalismului proletar, popoarele U.R.S.S. desvoltă și întăresc necontenit prietenia și colaborarea frățească cu marele popor chinez, cu oamenii muncii din toate țările de democrație populară, legăturile de prietenie cu oamenii muncii din țările capitaliste și coloniale care luptă pentru cauza păcii, democrației și socialismului.

Dragi tovarăși, prieteni!

In aceste zile grele, noi toți vedem deosebit de bine și simțim în permanență ce sprijin puternic, de neclintit și sigur este pentru poporul sovietic Partidul nostru Comunist, unitatea lui de oțel, legăturile sale indisolubile cu masele de oameni ai muncii. Partidul nostru, urmând poruncile marelui Stalin, ne dă orientarea clară în lupta pentru măreața cauză a construirii comunismului în țara noastră. Trebue să ne unim și mai strâns, și mai puternic, în jurul Comitetului Central al partidului nostru, în jurul Guvernului Sovietic.

Numele nemuritor al lui Stalin va trăi întotdeauna în inimile noastre, în inimile poporului sovietic și ale întregii omeniri progresiste. Gloria faptelor sale mărețe spre binele și fericirea poporului nostru și a oamenilor muncii din întreaga lume va trăi în veci!

Trăiască măreața, atotbiruitoarea învățătură a lui Marx-Engels-Lenin-Stalin!

Trăiască puternica noastră Patrie socialistă, eroicul nostru popor sovietic!

Trăiască marele Partid comunist al Uniunii Sovietice!

TERMINOLOGIA ÎN ELECTROTEHNICĂ

Standardizarea termenilor şi precizarea noţiunilor corespunzătoare în Electrotehnică este o problemă de bază pentru fizicieni, ingineri şi tehnicieni, lucrând în acest domeniu. La sfârşitul anului trecut s'a început şi la noi în ţară o asemenea lucrare fără ca până în prezent să se ajungă la formulări mulţumitoare. In U.R.S.S. problema este mult mai înaintată după cum rezultă din lucrările în traducere pe care le publicăm azi în revista noastră. Din ele rezultă că definiţiile formale din vocabularul Comisiei Electrotehnice Internaţionale nu mai sunt satisfăcătoare în raport cu concepţiile actuale în ştiinţă şi cu stadiul de desvoltare a U.R.S.S şi a ţărilor care construesc socialismul. Intr'adevăr în aceste definiţii trebue să se reflecte clar orientarea materialist-dialectică pe care trebue să se bazeze noţiunile din Fizică şi Electrotehnică.

Articolele pe care le publicăm azi desigur că vor forma şi la noi o bază de adâncire materialistă a conţinutului termenilor şi în acelaşi timp o bază de discuţie utilă în elaborarea corectă a standardelor sau a altor texte tehnice.

(Din partea Redacţiei)

STANDA DE ŞI NORME *)

Problemele unificării terminologiei electrotehnice ruse sunt examinate de câţiva ani.

In anul 1949 a fost publicat (Electricestvo Nr. 2/1949) proiectul definiţiilor noţiunilor din domeniul fenomenelor electromagnetice, alcătuit de către o comisiune a Consiliului Facultăţii de Electromecanică a Institutului Politehnic „M. I. CALININ" din Leningrad, la lucrările căruia au luat parte P. L. Calantarov, L. R. Neuman, M. A. Satelen, A. M. Zalesski, M. P. Costenco şi alţii. Proiectul a fost urmat de o discuţie, care s'a publicat în revistă.

In acelaşi timp cu elaborarea proiectului la Institutul Politehnic din Leningrad, s'a dus o importantă muncă de ordonare a terminologiei electrotehnicii teoretice de către comisiunea ştiinţifică specială a Comitetului de terminologie tehnică a Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., condusă de C. A. Crug şi alcătuită din : M. A. Perecalin, E. A. Meerovici, C. M. Polivanov, L. A. Jeculin, V. M. Lavrov, V. I. Lomonosov şi G. V. Zeveke. In lucrările sale, comisiunea s'a străduit să ţină seama de părerile participanţilor la discuţia menţionată mai sus, precum şi de observaţiile primite de către Comitetul de terminologie tehnică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. dih partea colaboratorilor ştiinţifici ai Institutului de Filosofie al Academiei de Ştiinţe. Ca rezultat, Comisiunea a alcătuit un proiect cu multe calităţi de necontestat. Totuşi, acest proiect nu este lipsit de unele neajunsuri ; sunt termeni şi definiţii care necesită îmbunătăţiri.

Publicând mai jos articolul lui V. M. Lavrov şi proiectul de terminologie a electrotehnicii teoretice elaborat de către Comitetul de terminologie tehnică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., redacţia revistei „Electricestvo" supune aceste materiale unei discuţii largi a cititorilor, ale căror păreri vor fi publicate. Discuţia va contribui la îmbunătăţirea şi completarea terminologiei ; vor ieşi în evidenţă definiţiile care au nevoie de o precizare în formulare şi de o acordare a lor cu cele mai noi realizări ale ştiinţelor fizice şi cu concepţiile ştiinţifice moderne asupra electricităţii.

TERMINOLOGIA ELECTROTEHNICII TEORETICE

Candidat în ştiinţe tehnice
docent V. M. LAVROV-Moscova

Termenii elaboraţi de către Comisiunea Comitetului de terminologie tehnică sunt definiţi în majoritatea lor pe baza concepţiilor fizicei clasice macroscopice, fără referire la teoria electronică şi mecanica cuantică. Terminologia este aplicabilă teoriei circuitelor electrice, teoriei circuitelor magnetice şi teoriei câmpului electromagnetic în medii neionizate. Utilizarea terminologiei propuse la problemele în care sunt considerate „microparticule" fizice : electroni, ioni, cuante, fotoni, etc., necesită explicaţii suplimentare ; anume, în concordanţă cu concepţiile clasice, mărimile fizice definite în terminologie reprezintă în cea mai mare parte mărimi medii, medii statistice.

Firește, domeniul „microparticulelor" necesită elaborarea unei terminologii proprii, care trebue să fie legată de terminologia propusă printr'un fel de principiu de corespondenţă.

O anumită legătură cu concepţiile microfizicei există în definiţiile diferiţilor termeni fundamentali, cum ar fi ; „electricitate" (Nr. 2), „câmp electromagnetic" (Nr. 5), , particulă încărcată" (Nr. 4), „curent electric" (Nr. 48) etc.

Definiţiile majorităţii termenilor sunt alcătuite în primul rând prin indicarea conţinutului fizic al termenului şi în al doilea rând prin determinarea măsurii sale cantitative. O astfel de tratare a definiţiilor a fost adoptată în urma doleanţelor insistente ale unor participanţi la discuţia proiectului de terminologie elaborat la Institutul Politehnic din Leningrad.

*) Din revista „ELECTRICESTVO" Nr. 1/1953.

„Electricitate" (Nr. 2). Criticând diferitele ipoteze asupra esenţei electricităţii, Engels în „Dialectica naturii" conclude : ... „materia nu înseamnă chiar electricitate. Mai curând invers, electricitatea reprezintă de fapt o anumită formă de mişcare, deşi nu mişcarea directă a materiei care are greutate". (Vezi „Dialectica naturii", Editura pentru literatură politică, 1952, art. „Electricitatea", pag. 88). In concordanţă cu ideea citată a lui Engels, în terminologie „electricitatea" este definită ca „proprietate a materiei" (anumită formă a mişcării materiei). In definiţie, se arată mai departe că această proprietate are o natură dublă şi se pune în evidenţă în particulele elementare ale materiei.

„Sarcină electrică" (Nr. 3). Această noţiune e definită ca măsură cantitativă a electricităţii, adică drept mărime care măsoară o anumită proprietate. O astfel de definiţie înlătură concepţia falsă despre materialitatea sarcinii electrice, adică concepţia despre sarcina electrică ca o anumită cantitate a unei forme de materie; pe de altă parte, se crează astfel posibilitatea de a se introduce, ca una din noţiunile fundamentale, noţiunea de „particulă încărcată" (Nr. 4).

„Câmp electromagnetic" (Nr. 5). Câmpul electromagnetic este definit ca o anumită formă a materiei (adică un anumit tip de materie). Partea următoare a definiţiei se referă la proprietăţile fundamentale ale acestei forme a materiei, care se observă în studiul câmpului electromagnetic prin metodele fizicei clasice, adică macroscopice şi care o deosebesc de alte forme ale materiei (de exemplu, de materia corpurilor).

In observaţie, se arată că atunci când se studiază câmpul electromagnetic prin metodele microfizicei (de exemplu, cu ajutorul metodicei folosite de acad. S. I. Vavilov în lucrările sale din domeniul opticii) se pune în evidenţă, pe lângă natura sa ondulatorie — percepută ca având o repartiţie continuă — şi caracterul discret al structurii sale, condiţionat de particulele de câmp electromagnetic — fotonii. In acest aspect dublu — pe deplin confirmat de experienţă — a proprietăţilor aparent contradictorii ale câmpului electromagnetic se evidenţiază dialectica acestei forme a materiei.

Macrofizica insistă, după cum s'a arătat mai sus, mai ales asupra aspectului „ondulatoriu", „continuu", al structurii câmpului electromagnetic, din care cauză această continuitate a şi fost pusă la baza definiţiei câmpului.

In definiţiile câmpurilor electric (Nr. 6) şi magnetic (Nr. 7), se subliniază că aceşti termeni determină două aspecte ale câmpului electromagnetic. Din aceste definiţii, rezultă că atât câmpurile electrice, cât şi cele magnetice nu pot exista independent unul de celălalt şi că nu avem nicio bază pentru a considera câmpul electromagnetic ca o simplă sumă a câmpurilor electric şi magnetic; într'o undă electromagnetică, de exemplu, nu se poate extrage şi separa câmpul electric şi câmpul magnetic.

Din punct de vedere istoric, fenomenele electrice şi magnetice au fost descoperite şi studiate separat până ce pe de o parte au apărut ideile academicianului F.U.T. Epinus din Petersburg, care în lucrarea sa fundamentală „Experienţa teoriei electricităţii şi magnetismului" (1757) şi în cuvântarea „Despre asemănările dintre forţa electrică şi cea magnetică" (1758) a enunţat şi fundamentat pentru prima dată teza despre „asemănarea minunată" dintre forţele electrice şi magnetice şi până ce pe de altă parte, prin experienţa lui Oersted (1820), s'a observat câmpul magnetic al curentului electric.. Deaceea, şi realitatea fizică unică, pe care o numim câmp electromagnetic îşi păstrează — în virtutea tradiţiei — un nume format din cele două cuvinte.

„Vid" (Nr. 11). Acest termen este definit relativ, ca stare de rarefiere limită a unui mediu molecular. Pe măsura perfecţionării tehnicii vidului, vom putea obţine un vid din ce în ce mai înaintat, şi nu se poate tăgădui a priori că într'un astfel de vid, pe care îl va crea tehnica viitorului, proprietăţile câmpului electromagnetic ar putea să fie altele decât în vidul de care dispune tehnica actuală. Păstrarea termenului latin „vacuum" nu are niciun sens, deoarece există traducerea exactă — vid. Termenul „vacuum" nu este recomandat a fi întrebuinţat în terminologie.

Natural, definiţia propusă a vidului nu are nimic comun cu concepţia despre vid ca spaţiu lipsit de materie. O astfel de concepţie este proprie, după cum ştim, filosofiei idealiste, care distruge unitatea spaţiului, timpului şi materiei. Deaceea, noţiunea de vid, ca spaţiu fără materie este lipsită de sens fizic.

Se consideră, în terminologia propusă, ca mărimi fundamentale, care caracterizează câmpurile electrice şi magnetice : intensitatea câmpului electric (Nr. 35) şi inducţia magnetică (Nr. 72). Aceste mărimi sunt definite cu ajutorul metodicei experimentale corespunzătoare, ca mărimi care caracterizează acţiunile câmpurilor electrice şi magnetice.

Gradul de acţiune a câmpurilor electric şi magnetic asupra materiei (corpurilor — N.T.) — polarizarea electrică şi magnetizarea materiei (corpurilor — N.T.) sunt caracterizate de polarizaţia electrică (Nr. 28) şi intensitatea de magnetizare (Nr. 82). Conform definiţiilor, aceste mărimi reprezintă momentul specific electric, respectiv magnetic al unui corp electrizat sau magnetizat.

Plecând dela definiţiile intensităţii câmpului electric, polarizaţiei electrice, inducţiei magnetice şi intensităţii magnetizării şi în conformitate cu relaţiile

$$\overline{D} = \varepsilon_0 \overline{E} + \overline{P} \ , \ \overline{H} = \frac{\overline{B}}{\mu_0} - \overline{I},$$

unde ε_0 este permitivitatea vidului (Nr. 31), $\overline{E}$ — intensitatea câmpului electric, $\overline{P}$ — pola-

rizația electrică, μ_0 — permeabilitatea magnetică a vidului, $\overline{B}$ — inducția magnetică, $\overline{I}$ — intensitatea de magnetizare, — se definesc : $\overline{D}$ — inducția electrică (Nr. 30) și $\overline{H}$ — intensitatea câmpului magnetic (Nr. 83).

Cuplarea intensității câmpului electric și a polarizației electrice — mărimi care caracterizează diferite manifestări ale câmpului electric, într'o singură mărime, numită inducție electrică și definirea acestei mărimi ca mărime independentă, are sens prin faptul că pe de o parte, această mărime satisface legea lui Gauss

$$\oint \overline{D}\, d\overline{s} = Q$$

iar pe de altă parte, derivata acestei mărimi, în raport cu timpul, reprezintă densitatea curentului de deplasare

$$\overline{\delta}_{dep} = \frac{d\overline{D}}{dt}.$$

In același fel, cuplarea inducției magnetice și a intensității de magnetizare, într'un vector al intensității câmpului magnetic și definirea acestui vector, ca o caracteristică independentă a câmpului magnetic, este legată de legea curentului total (legea circuitului magnetic N. T.)

$$\oint \overline{H}\, \overline{dl} = i,$$

ceeace se subliniază în definiția termenului intensitatea câmpului magnetic.

In terminologie, nu se face distincție între vectorii $\overline{E}$ și $\overline{B}$ în comparație cu vectorii $\overline{D}$ și $\overline{H}$, în sensul tratării primilor doi ca mărimi „fizice" și a ultimilor doi ca mărimi „de calcul". Toți acești vectori ca și vectorii $\overline{P}$ și $\overline{I}$ sunt mărimi fizice, adică mărimi determinate de o anumită metodică de experimentare și calcul, și care caracterizează diversele manifestări ale câmpului electromagnetic sub aspectul atât calitativ cât și cantitativ.

La baza definiției termenului „dielectric" (Nr. 27), este pus fenomenul „polarizării electrice" (Nr. 26). Insă, în condiții corespunzătoare, într'un câmp electric, se va polariza (electric) orice substanță (inclusiv metalele); deaceea, definind dielectricul, luat ca un corp capabil să se polarizeze într'un câmp electric, am identifica dielectricul cu oricare mediu molecular. Obișnuit, se numește dielectric un corp cu mică conductibilitate electrică. Această situație se reflectă în definiție ; ca prim criteriu, este indicată capacitatea de a se polariza, ca secund proprietatea de a permite în propriul volum existența permanentă a unui câmp electrostatic.

Definiția termenului izolant (Nr. 37) — obișnuit înțeles ca sinonim al dielectricului — are la bază fenomenul conductibilității electrice ; în consecință, acest termen nu va mai fi sinonim cu termenul „dielectric".

O precizare esențială au căpătat în terminologie termenii : diferența de potențiale electrice (Nr. 34), forța electromotoare (Nr. 44) și tensiunea electrică între două puncte în lungul unui drum dat (Nr. 45).

Diferența de potențiale electrice este definită în legătură cu termenul potențial electric (Nr. 22), drept caracteristică a câmpului electric coulombian (vezi Nr. 10) prin relația

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_1^2 \overline{E}_c\, \overline{dl}.$$

Proprietatea fundamentală a acestui câmp este, după cum se știe, caracterul său potențial :

$$\oint \overline{E}_c\, \overline{dl} = 0.$$

Forța electromotoare (f.e.m.) este definită ca mărime fundamentală, care caracterizează câmpul electric necoulombian (Nr. 42)

$$E_{12} = \int_1^2 \overline{F}_n\, \overline{dl},$$

unde $\overline{E}_n$ este intensitatea câmpului electric necoulombian (Nr. 43).

In prezența unui câmp electric necoulombian, integrala în lungul unui circuit închis poate fi, după cum se știe, diferită de zero ; valoarea ei va fi tocmai mărimea f.e.m. care acționează în circuitul considerat ; de exemplu :

1. Circuit închis, conținând un element galvanic (câmp electric imprimat N. T.) ;

$$\text{Aici } \oint_{1\text{-}2\text{-}3\text{-}1} \overline{E}_{imp}\, dl = E_{3-1},$$

unde E_{31} este f.e.m. a elementului.

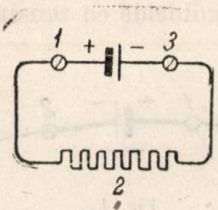


Fig. 1.

2. Circuit închis, format din doi conductori metalici diferiți, ale căror suduri au temperaturi diferite : $T_1 \neq T_2$. In acest caz, (câmp electric imprimat N. T.) :

$$\oint_{1\text{-}2\text{-}1} \overline{E}_{imp}\, \overline{dl} = E$$

unde E_{imp} este forța termoelectromotoare.

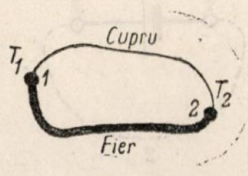


Fig. 2.

3. Circuit închis străbătut de un flux magnetic variabil $\Phi_\sim$ (câmp electric indus N. T.).

Integrând intensitatea câmpului electric rotațional indus E_{ind} în lungul circuitului închis

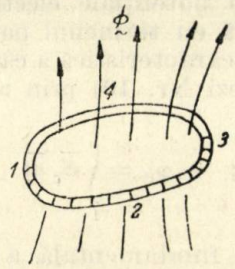


Fig. 3.

1—2—3—4—1. se obține:

$$\oint_{1\text{-}2\text{-}3\text{-}4\text{-}1} \bar{E}_{ind}\, \bar{dl} = -\frac{d\Phi_{\sim}}{dt} = E_{ind}$$

unde E_{ind} este f.e.m. de inducție care acționează în circuit.

Insfârșit, prin termenul tensiune electrică între două puncte în lungul unui drum dat (Nr. 45), se definește caracteristica câmpului electric rezultant, a cărui intensitate va fi:

$$\bar{E} = \bar{F}_n + \bar{F}_C.$$

Notând tensiunea electrică între două puncte în lungul drumului considerat 1—2 cu U_{1-2} vom obține, în cazul cel mai general:

$$U_{1-2} = \int_1^2 (\bar{F}_n + \bar{F}_C)\, \bar{dl} = E_{1-2} + (\varphi_1 - \varphi_2).$$

Tensiunea electrică în lungul unui circuit închis coincide evident cu f.e.m. care acționează în acest circuit. De exemplu, în cazurile 1, 2, 3, f.e.m. calculată coincide cu tensiunea în lungul circuitului.

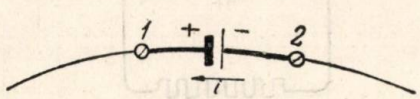


Fig. 4.

Curentul într'o porțiune a circuitului se determină totdeauna prin mărimea tensiunii electrice în lungul acelei porțiuni, de exemplu:

$$i = \frac{\varphi_2 - \varphi_1 + E}{r_{21}} = \frac{U_{2-1}}{r_{21}}$$

Mărimea tensiunii electrice depinde de drumul ales; de exemplu, tensiunea la bornele unui

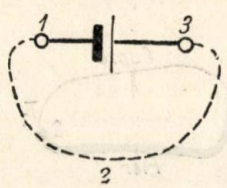


Fig. 5.

element în gol (vezi figura 5) va fi în cazul integrării pe drumul 1—2—3.

$$U_{1-3} = \int_{1-2-3} (\bar{E}_n + \bar{F}_C)\, \bar{dl} = \int_{1-2-3} \bar{E}_C\, \bar{dl} = \varphi_1 - \varphi_3$$

adică va coincide cu diferența potențialelor la bornele elementului, deoarece pe acest drum nu există forțe imprimate. Dacă însă se calculează tensiunea pe drumul 3—1 prin element, se obține:

$$U_{3-1} = \int_3^1 (\bar{F}_n + \bar{F}_C)\, \bar{dl} = 0,$$

adică, în absența curentului în element f.e.m. a sa $E_{3-1} = \int_3^1 \bar{F}_n\, \bar{dl}$ va fi egală cu diferența potențialelor $\varphi_1 - \varphi_3 = \int_1^3 \bar{F}_C\, \bar{dl}$, pe când suma

$$E_{3-1} + (\varphi_3 - \varphi_1) = 0.$$

Să mai examinăm cazul unui circuit deschis într'un câmp magnetic variabil.

Dacă rapiditatea de variație a câmpului nu este prea mare, f.e.m. de inducție indusă în circuit:

$$E_{ind} = \int_2^1 \bar{F}_{ind}\, \bar{dl}$$

va fi egală cu diferența potențialelor

$$\varphi_{1-2} = \int_1^2 \bar{F}_C\, \bar{dl}$$

câmpului coulombian care apare datorită sarcinilor ce se strâng la capetele circuitului, iar tensiunea în lungul circuitului va fi egală cu zero:

$$U_{21} = \int_2^1 (\bar{F}_{ind} + \bar{E}_C)\, \bar{dl} = 0.$$

Deci, tensiunea între punctele 1—2, luată de exemplu pe drumul 1—2—3, notat în fig. 6 cu linie punctată, se va deosebi de diferența de potențiale $\varphi_1 - \varphi_2$ cu cantitatea

$$\int_{1-3-2} \bar{F}_{ind}\, \bar{dl}.$$

In terminologie, se dau definiții diferite pentru curentul de deplasare electric în vid (Nr. 52), curentul electric de polarizare (Nr. 50) și curentul de deplasare (Nr. 53) ca sumă a primilor doi curenți.

Curent electric de convecție (Nr. 51) este denumită orice fel de mișcare a particulelor încărcate. In acest fel, curent electric de conducție (Nr. 49) este un caz particular al curentului de convecție, când particolele încărcate

libere sunt transportate sub acțiunea câmpului electric.

Sunt definite noțiunile : linie de curent electric (Nr. 61), linie de inducție magnetică (Nr. 73) și în definițiile lor se subliniază că astfel de linii sunt noțiuni pur geometrice care caracterizează distribuția vectorilor câmpului.

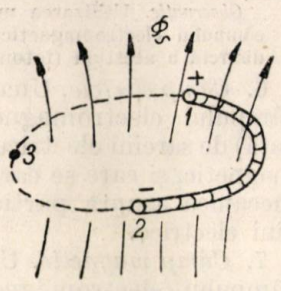


Fig. 6.

Sunt eliminate și nu se amintesc în terminologie noțiunile de masă magnetică. Tratarea electrodinamicei fără aceste noțiuni arhaice are de câștigat în consecvență și din punct de vedere fizic.

Inductanța (Nr. 111) și inductanța mutuală (Nr. 112) sunt definite ca proprietăți ale circuitelor electrice. Prin analogie, ca proprietăți ale unor corpuri sau medii, sunt definite noțiunile de conductanță (Nr. 35), capacitate electrică (Nr. 38), rezistență electrică (Nr. 62).

Termenii inducție electrostatică (Nr. 9), inducție electromagnetică (Nr. 108), inducție proprie (Nr. 109), inducție mutuală (Nr. 110) sunt definiți ca fenomene. Pe de altă parte, termenul inducție magnetică (Nr. 72) este definit ca vector care caracterizează câmpul, adică drept mărime fizică.

O astfel de abundență de „inducții", care determină obiecte diferite prin caracterul lor, constitue bineînțeles un oarecare neajuns ; totuși acești termeni, au intrat în uzul electrodinamicii.

In secțiunea „Sisteme și circuite polifazate" se introduc o serie de definiții noi. Pe lângă sistemele polifazate (Nr. 163—168) — sisteme de f.e.m. variabile în timp, de aceeași frecvență, cu amplitudini și relații de fază diferite — sunt introduse definițiile circuitelor polifazate (Nr. 169—174), ca circuite electrice în care acționează sistemele polifazate corespunzătoare.

In încheiere, adăugăm câteva observații generale. Trebue să observăm că în cursul elaborării terminologiei, plecând dela practica electrotehnică, a trebuit deseori să nu dăm definiții absolut univoce. Deaceea, unii termeni se acoperă unul pe celălalt. De exemplu, curentul pulsatoriu (Nr. 121) este definit ca curent periodic, ale cărui valori instantanee de un semn sunt mult mai mari decât valorile instantanee de un semn contrar. Așa de exemplu, curentul într'un circuit cu redresor real poate să aibă o formă asemănătoare celui din fig. 7. Un astfel de curent în practică va fi numit pulsatoriu, cu toate că după definiția dela Nr. 120. el corespunde și noțiunii de curent alternativ.

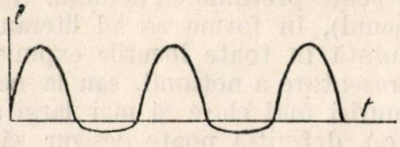


Fig. 7.

Mai departe, o serie întreagă de mărimi fizice fundamentale (Nr. 19, 20, 21, 25, 28, 33, 34 etc.) sunt definite prin trecere la limită. Trecerea la limită este riguros admisibilă numai prin funcții continui. Intrucât aproape toate definițiile sunt date pe baza concepțiilor macroscopice, adică mărimile considerate în terminologie sunt mărimi medii, suntem îndreptățiți să folosim la astfel de mărimi, metodele de trecere la limită.

PROIECTUL TERMINOLOGIEI ELECTROTEHNICII TEORETICE

alcătuit de către comisia comitetului de terminologie tehnică a Academiei de Științe a U.R.S.S.

Definiția noțiunilor fundamentale din electromagnetism : „electricitate", „câmp electromagnetic" etc. se bazează pe faptul de netăgăduit al materialității obiectelor corespunzătoare acestor noțiuni. Definițiile răspândite ale noțiunilor câmp electromagnetic, câmp electric, câmp magnetic, ca spații care au proprietăți fizice speciale, nu sunt corecte deoarece spațiul este una din formele de existență ale materiei, dar câtuși de puțin materia însăși ; câmpul electromagnetic însă este o formă (un tip) a materiei. In consecință, câmpul electromagnetic nu este spațiu. In afară de aceasta, proprietățile fizice sunt proprii anume diferitelor forme ale materiei și aceste proprietăți deosebesc diferitele forme ale materiei una de alta.

Este necesar să observăm că unele noțiuni generale fiind foarte largi, definițiile lor sunt însoțite de descrierea unei serii de fenomene fizice caracteristice, în care se evidențiază factorul fizic, corespunzător noțiunilor în cauză.

In terminologie, sunt date definiții separate pentru noțiunile de „potențial electric" — caracteristică a câmpului electric coulombian, „forță electromotoare" (f.e.m.) — caracteristică a câmpului electric necoulombian, și „tensiune electrică" — caracteristică a câmpului electric rezultant. „Tensiunea electrică" este definită „în lungul unui drum dat", deoarece depinde de alegerea acestui drum.

In terminologie, se folosesc expresiile : „infinit mic", „destul de mic", „elementar", în legătură cu lungimile, ariile și volumele, ca și în legătură cu diferite mărimi fizice (de ex. sarcini, conductanțe etc.). Aceste expresii trebue înțelese în raport cu alte mărimi analoage, care determină trăsăturile de bază ale obiectului considerat (vezi de exemplu termenii Nr. 16, 17, 18 22, 37, etc.).

Cu caractere cursive sunt notați termenii care sunt recomandați pentru noțiunea definită. De regulă, pentru fiecare noțiune se sta-

bileşte câte un singur termen de bază, cel mai corect, eliberând astfel termenul de alte înţelesuri secundare şi deci atribuindu-i un sens univoc. Totuşi, în câteva cazuri separate, pe lângă termenul fundamental, se propune un al doilea termen în paralel, care însă nu este scris cu caractere cursive.

Dacă al doilea termen nu este o formă prescurtată a celui fundamental (adică nu conţine elemente de termeni noi, care nu intră în componenţa termenului fundamental), utilizarea lui în paralel cu a celui fundamental este admisă cu condiţia să nu se producă confuzii (de ex.: „capacitate" şi „capacitate electrică" vezi termenul Nr. 38). Uneori, termenul sinonim este construit pe alt principiu (de ex.: „constantă de fază", „constantă de lungime" şi „număr de undă" vezi termenul Nr. 194). In acest caz, la reexaminarea terminologiei, unul din termenii paraleli trebue înlăturat (de ex. în funcţie de rezultatele introducerii unei variante noi propuse, mai corecte. etc.).

Nu se poate pretinde ca definiţia (în opoziţie cu termenul), în forma sa ad literam, să fie întrebuinţată în toate locurile expunerii (la o primă prezentare a noţiunii, sau la necesitatea unei lămuriri mai clare şi mai largi a esenţei fizice etc.), definiţia poate desigur să varieze, firește fără totuşi a călca limitele noţiunii propriu zise.

Pentru unii termeni, se dau — în paranteze — sinonime, care se folosesc în literatură şi în practică pentru noţiunea definită, dar ele nu pot fi recomandate din punct de vedere al preciziunii întregului sistem terminologic. Deasemenea, unele definiţii, nerecomandate pentru noţiunile definite, sunt cu totul corespunzătoare pentru alte noţiuni şi deaceea utilizarea lor în cazurile corespunzătoare, poate fi perfect justificată.

I. NOŢIUNI FUNDAMENTALE

1. *Electrotehnică teoretică.* Domeniul electrotehnicei, în care se studiază problemele fundamentale ale teoriei proceselor electromagnetice importante în tehnică.

2. *Electricitate.* Proprietate a materiei (formă specială de mişcare a materiei), având o natură dublă şi care se manifestă în particule elementare speciale de materie (electricitate pozitivă în protoni şi pozitroni, cea negativă în electroni).

Observaţie. In sens restrâns, termenul „electricitate" se foloseşte uneori ca sinonim al termenului „sarcină electrică".

3. *Sarcină electrică.* Mărime scalară, care măsoară cantitativ electricitatea.

Observaţie. Sarcina electrică poate fi definită cu ajutorul fenomenelor interacţiunii mecanice dintre corpurile electrizate cu ajutorul electrolizei, etc.

4. *Particulă încărcată.* Particulă elementară de materie, care are un prisos de electricitate pozitivă sau negativă.

5. *Câmp electromagnetic.* Formă specială a materiei, care se distinge prin continuitatea distribuţiei în spaţiu şi se caracterizează prin posibilitatea de a se propaga cu viteza luminii, prin posibilitatea de acţiune mecanică asupra curenţilor şi particulelor încărcate, procese în cursul cărora energia câmpului se transformă în alte forme de energie (calorică, mecanică etc.).

Observaţie. Utilizarea metodelor microfizice în studiul câmpului electromagnetic scoate în evidenţă structura discretă a acestuia (fotoni).

6. *Câmp electric.* Una din cele două aspecte ale câmpului electromagnetic, condiţionată (cauzată) de sarcini electrice şi de variaţiile câmpului magnetic, şi care se caracterizează prin acţiunea mecanică asupra particulelor încărcate cu sarcini electrice.

7. *Câmp magnetic.* Una diu cele două feţe ale câmpului electromagnetic, condiţionată (cauzată) de sarcini electrice ale particulelor încărcate în mişcare şi de variaţiile câmpului electric, care se caracterizează prin acţiunea mecanică asupra particulelor încărcate în mişcare.

8. *Câmp electrostatic.* Câmpul electric al sarcinilor electrice invariabile ca mărime şi poziţie.

9. *Inducţie electrostatică.* Fenomenul de inducere a sarcinilor electrice într'un corp neîncărcat în prezenţa unui alt corp încărcat, izolat de primul.

10. *Câmp electric coulombian.* Câmp electric sau componentă a acestuia, condiţionată (cauzată) de sarcini electrice imobile sau mobile, cari au caracter potenţial.

11. *Vid* (Vacuum). Stare limită de rarefiere a unui mediu molecular, întâlnită în spaţiul interplanetar, precum şi stare limită de rarefiere a unui mediu molecular, care poate fi atinsă prin metodele tehnice actuale.

Observaţie. In tehnica vidului, termenul „vacuum" se foloseşte pentru a defini acel grad de rarefiere a unui gaz când lungimea parcursului liber al moleculei devine mult mai mare decât dimensiunile lineare ale vasului în care se crează această rarefiere.

12. *Energie electrică.* Formă specială de energie legată direct de aspectul electric al câmpului electromagnetic (de câmpul electric) şi care se transformă în alte forme de energie, atunci când câmpul electric variază, precum şi în procesul lucrului efectuat prin transportarea particulelor încărcate într'un câmp electric.

13. *Energie magnetică.* Forma specială de energie direct legată de aspectul magnetic al câmpului electromagnetic (de câmpul magnetic), care se transformă în alte forme de energie atunci când câmpul magnetic variază, precum şi în procesul lucrului efectuat prin deplasarea curenţilor electrici introduşi în câmp.

14. *Energie electromagnetică.* Energia câmpului electromagnetic compusă din energia electrică şi cea magnetică.

II. SARCINI ELECTRICE

15. *Sarcină electrică de volum.* Sarcină electrică distribuită într'un anumit volum.

16. *Sarcină electrică superficială.* Sarcină electrică distribuită în volumul unui strat de grosime neglijabilă.

17. *Sarcină electrică liniară.* Sarcină electrică distribuită în volumul unui tub de secţiune neglijabilă.

18. *Sarcină electrică punctiformă* Sarcină electrică concentrată într'un volum de dimensiuni neglijabile.

19. *Densitate de volum a sarcinii electrice într'un punct.* Densitate de volum a sarcinii. Mărime scalară, care caracterizează distribuţia sarcinii electrice de volum şi este egală cu limita raportului dintre sarcina de volum şi volumul în care aceasta este concentrată, când acest volum tinde spre zero.

20. *Densitate de suprafaţă a sarcinii electrice într'un punct.* Densitate de suprafaţă a sarcinii. Mărime scalară, care caracterizează distribuţia sarcinii electrice de suprafaţă şi este egală cu limita raportului dintre sarcina de suprafaţă şi aria suprafeţii stratului în care este concentrată sarcina, când acea arie tinde spre zero.

21. *Densitate liniară a sarcinii electrice într'un punct.* Densitatea liniară a sarcinii. Mărime scalară, care caracterizează distribuţia sarcinii electrice liniare şi este egală cu limita raportului dintre sarcina liniară către lungimea tubului în care este concentrată sarcina, când această lungime tinde către zero.

22. *Dipol electric.* Două sarcini electrice punctiforme legate între ele egale ca mărime şi de nume contrarii, aşezate la o distanţă neglijabilă una de cealaltă.

23. *Momentul electric al dipolului electric.* Mărime vectorială, egală cu produsul dintre una din sarcinile dipolului şi distanţa dintre ele şi dirijată dela sarcina negativă spre cea pozitivă.

24. *Momentul electric al corpului.* Suma vectorială a momentelor electrice ale tuturor dipolilor, din care este compus corpul considerat.

III. CARACTERISTICILE ELECTRICE FUNDAMENTALE ALE DIFERITELOR MEDII ŞI ALE CÂMPULUI ELECTRIC

25. *Intensitatea câmpului electric.* Mărime vectorială care caracterizează acţiunea mecanică a câmpului electric asupra unei particule încărcate şi este egală cu limita raportului dintre forţa cu care câmpul electric acţionează asupra particulei introdusă în punctul considerat al câmpului şi sarcina acestei particule, când mărimea sarcinii tinde către zero; direcţia vectorului coincide cu direcţia forţei care acţionează asupra unei particule încărcate pozitiv.

26. *Polarizare electrică.* Stare a materiei caracterizată prin faptul că momentul electric al întregului corp sau al unei porţiuni a acestuia este diferit de zero.

27. *Dielectric.* Mediu sau corp care se polarizează într'un câmp electric şi în volumul căruia este posibilă existenţa permanentă a unui câmp electrostatic.

28. *Polarizaţie electrică.* Mărime vectorială, care caracterizează gradul de polarizare electrică a unui dielectric într'un punct şi este egală cu limita raportului dintre vectorul momentului electric al unui volum al dielectricului ce cuprinde câmpul considerat şi acest volum, când acesta din urmă tinde spre zero.

29. *Constantă de polarizare electrică* (susceptibilitate electrică). Mărime scalară, care caracterizează proprietatea dielectricului de a se polariza într'un câmp electric şi este egală cu raportul dintre factorul care multiplică vectorul intensităţii câmpului electric în expresia vectorului polarizării electrice, şi permeabilitatea electrică a vidului.

Observaţie. Coeficientul de polarizare electrică al unui mediu anisotrop este un tensor.

30. *Inducţia electrică.* Mărime vectorială, egală cu suma vectorilor intensităţii şi polarizării, fiecare multiplicat printr'un factor dependent de alegerea sistemului de unităţi.

Observaţie. In sistemul de unităţi M.K.S. (raţionalizat N. T.) factorul vectorului intensităţii este permitivitatea vidului, iar factorul polarizaţiei este unitatea.

31. *Permitivitatea.* Constantă electrică (constantă dielectrică; permitivitate dielectrică). Factor care multiplică vectorul intensităţii câmpului electric în expresia vectorului deplasării electrice în cazul unui mediu izotrop.

Observaţie. Permitivitatea unui mediu anisotrop este un tensor. Permitivitatea vidului în sistemul M.K.S. (raţionalizat N.T.) este:

$$\varepsilon_0 \approx \frac{1}{4\pi 9 \cdot 10^9} \cdot \frac{Farad}{metru}.$$

32. *Permitivitate relativă* (constantă dielectrică relativă; permitivitate dielectrică relativă). Raportul dintre permitivitatea mediului în punctul considerat şi permitivitatea vidului.

33. *Potenţial electric.* Mărime scalară, care caracterizează un câmp electric coulombian şi este egală cu limita raportului dintre lucrul mecanic al forţelor acestui câmp, efectuat prin deplasarea unei particule încărcate pozitiv din punctul dat al câmpului într'un alt punct, al cărui potenţial este considerat egal cu zero şi sarcina particulei, când sarcina tinde către zero (altfel: funcţia de punctul dat, a cărui gradient, luat cu semn schimbat, este egal cu intensitatea câmpului).

34. *Diferenţa de potenţial electric dintre două puncte.* Limita raportului dintre lucrul forţelor câmpului electric coulombian efectuat prin deplasarea unei particule încărcate pozitiv dintr'un punct în altul şi sarcina acestei particule, când sarcina tinde către zero (altfel: integrala de linie a intensităţii câmpului electric coulombian între punctele considerate).

35. *Conductanţă.* Proprietate a unui corp sau a unui mediu de a conduce curentul electric continuu sub acţiunea unui câmp electric, care se măsoară prin raportul dintre puterea electrică absorbită de către corp şi pătratul tensiunii aplicată corpului. (Conductibilitate electrică N.T.)

36. *Conductor.* Mediu conductor. Mediu sau corp care au conductanţă (altfel: mediu sau corp în care nu este posibilă existenţa unui câmp electrostatic).

37. *Izolant.* Neconductor. Mediu neconductor. Mediu sau corp cu conductanţă neglijabilă.

Observaţie. Uneori, prin termenul „izolator" se denumeşte piesa sau dispozitivul care împiedecă scurgerea sarcinilor electrice.

38. *Capacitate electrică.* Capacitate. Proprietate a corpurilor conductoare, de a înmagazina și păstra sarcini electrice, care se măsoară prin raportul sarcinii corpului izolat către potențialul său, presupunând zero potențialul unui punct depărtat la infinit.

Observație. Uneori, prin termenul „capacitate" se denumește prescurtat dispozitivul în care capacitatea electrică este folosită ca proprietate principală.

39. *Condensator.* Sistem format din doi conductori (armături) despărțiți printr'un izolator, în care se folosește capacitatea sa electrică.

40. *Capacitatea condensatorului.* Mărimea absolută a raportului dintre sarcina electrică a uneia dintre armăturile condensatorului și diferența de potențial dintre armături, cu condiția ca armăturile să aibă sarcini egale ca mărime și de nume contrarii.

41. *Capacitate parțială.* Capacitatea dintre doi conductori („primul" și al doilea"), care fac parte dintr'un sistem de conductori, definită ca valoarea absolută a raportului dintre sarcina „primului" conductor și diferența de potențial între „primul" și „al doilea", dacă toți conductorii, în afara celui de „al doilea" au același potențial cu primul.

42. *Câmp electric necoulombian.* Câmp electric care nu este determinat prin legea lui Coulomb și care e cauzat, de exemplu, prin variația câmpului magnetic, prin procese termice, prin reacții chimice, prin fenomene de contact, etc.

43. *Intensitatea câmpului electric necoulombian.* Mărime vectorială egală cu limita raportului dintre forța care acționează asupra unei particule încărcate într'un câmp electric necoulombian și sarcina particulei, dacă sarcina tinde spre zero.

44. *Forță electromotoare.* F.e.m. Mărime scalară care caracterizează câmpul electric necoulombian și a cărei valoare este egală cu integrala de linie a intensității câmpului necoulombian în lungul unui circuit care trece prin câmp.

45. *Tensiunea electrică între două puncte în lungul unui drum dat.* Mărime scalară, care caracterizează câmpul electric (necoulombian și coulombian) și a cărei valoare între două puncte în lungul unui drum dat, este egală cu integrala de linie a intensității câmpului electric rezultant în lungul acestui drum.

Observații:

1. In absența câmpului electric necoulombian, tensiunea electrică între două puncte este egală cu diferența potențialelor electrice între aceste puncte.
2. Tensiunea electrică în lungul unui circuit închis este egală cu f.e.m., care acționează în acest circuit.
3. In definirea tensiunii electrice la bornele unei surse de curent electric, drumul de integrare se dispune în afara sursei; în lipsa unui câmp necoulombian pe drumul de integrare, tensiunea sursei de curent este egală cu diferența potențialelor la bornele sursei.

46. *Potențial electrodinamic vector.* Mărime vectorială, al cărei rotor este egal cu vectorul inducției câmpului magnetic.

47. *Potențial electrodinamic scalar.* Mărime scalară al cărei gradient, luat cu semn schimbat, este egal cu suma intensității câmpului electric și a derivatei, în raport cu timpul, a potențialului electrodinamic vector.

IV. CURENT ELECTRIC

48. *Curent electric.* Curent. Fenomenul de transportare a particulelor încărcate, de variație în timp a câmpului electric, a polarizării electrice a dielectricilor și a diferitelor alte procese electrice însoțite de câmp magnetic (care excită câmp magnetic); curentul se măsoară printr'o mărime scalară egală cu integrala de suprafață a vectorului densității de curent pe suprafața considerată.

Observație. Mărimea scalară care măsoară curentul este obișnuit denumită prin același termen (curent).

49. *Curent electric de conducție.* Curent de conducție. Fenomenul de transport, sub acțiunea unui câmp electric, al particulelor încărcate libere, măsurat printr'o mărime scalară, egală cu integrala de suprafață a vectorului densității curentului de conducție pe suprafața considerată.

50. *Curent electric de polarizație.* Curent de polarizație. Fenomenul de deplasare, sub acțiunea unui câmp electric, a particulelor încărcate, legate într'un dielectric măsurat printr'o mărime scalară, egală cu integrala de suprafață a vectorului densității curentului de polarizație pe suprafața considerată.

51. *Curent electric de convecție.* Curent de convecție. Fenomenul de transport al particulelor încărcate (atât libere cât și legate), măsurat printr'o mărime scalară egală cu integrala de suprafață a vectorului densității curentului de convecție pe suprafața considerată.

Observație. In sensul restrâns al cuvântului, prin curent electric de convecție, se înțelege fenomenul de transport al particulelor încărcate sub acțiunea unor forțe mecanice.

52. *Curent electric de deplasare în vid.* Curent de deplasare în vid. Fenomenul de variație în timp a câmpului electric, măsurat printr'o mărime scalară egală cu integrala de suprafață a vectorului densității curentului de deplasare în vid pe suprafața considerată.

53. *Curent electric de deplasare.* Curent de deplasare. Suma curentului electric de deplasare în vid și a curentului electric de polarizație, măsurat printr'o mărime scalară egală cu integrala de suprafață a vectorului densității curentului de deplasare pe suprafața considerată.

54. *Densitatea curentului electric de conducție.* Mărime vectorială, a cărei direcție coincide cu direcția de mișcare a particulelor încărcate pozitiv și al cărui modul este egal cu limita raportului dintre suma valorilor absolute ale sarcinilor electrice (libere N. T.) ale particulelor încărcate pozitiv și negativ, ce se mișcă în sensuri contrarii sub acțiunea unui câmp electric și străbat într'un interval oarecare de timp un element de suprafață normal pe direcția de mișcare a acestor particule către produsul dintre aceste interval de timp și aria elementului de suprafață, când atât intervalul de timp cât și aria elementului tind spre zero.

55. *Densitatea curentului electric de polarizare.* Mărime vectorială egală cu limita raportului dintre variația vectorului de polarizație și durata acestei variații, când acest interval de timp tinde spre zero (altfel: derivata vectorului polarizației în raport cu timpul).

56. *Densitatea curentului electric de convecție.* Mărime vectorială, a cărei direcție coincide cu direcția de mișcare a particulelor încărcate pozitiv și al cărei modul este egal cu limita raportului dintre suma valorilor absolute ale sarcinilor electrice (atât libere cât și legate N. T) ale particulelor încărcate pozitiv și negativ ce se mișcă în sensuri contrare și străbat într'un interval oarecare de timp un element de suprafață normal pe direcția de mișcare a particulelor către produsul dintre acest interval de timp și aria elementului de suprafață, când atât intervalul de timp cât și aria elementului de suprafață tind spre zero.

57. *Densitatea curentului electric de deplasare în vid.*

Mărime vectorială, egală cu limita raportului dintre variația vectorului densității câmpului electric către durata acestei variații, când acest interval de timp tinde către zero, multiplicată prin constanta electrică a vidului (altfel: derivata vectorului densității câmpului electric în raport cu timpul multiplicată prin constanta electrică a vidului).

58. *Densitatea curentului electric de deplasare.* Mărime vectorială egală cu limita raportului dintre variația vectorului inducției electrice către durata acestei variații când acest interval de timp tinde către zero (altfel: derivata vectorului inducției electrice în raport cu timpul).

59. *Densitatea curentului electric.* Suma vectorială a vectorului densității curentului de conducție, vectorului densității curentului de convecție și vectorului densității curentului de deplasare.

60. *Puterea curentului electric.* Limita raportului dintre lucrul efectuat de către curentul electric într'un interval de timp către acest interval, când intervalul de timp tinde către zero.

Observație. Limita considerată este deasemeni egală cu produsul dintre f.e.m. (tensiune și curent).

61. *Linie de curent electric.* Linie la care în fiecare punct tangenta coincide cu direcția vectorului densității de curent (altfel: linia vectorului densității curentului electric).

V. CIRCUIT ELECTRIC, ELEMENTE ȘI CARACTERISTICI ALE SALE

62. *Rezistență electrică.* Proprietate a unui corp sau a unui mediu străbătut de curent de a transforma energia electrică în energie termică, care se măsoară prin raportul dintre puterea electrică absorbită de corp și pătratul curentului care-l străbate.

Observație: Dispozitivul compus din conductori în care se folosește rezistența lor electrică, se denumesc uneori prescurtat „rezistență".

63. *Conductibilitate electrică.* Factor care multiplică vectorul intensității câmpului electric rezultant în expresia vectorului densității curentului electric de conducție.

Observații:

1. Conductibilitatea electrică este deasemeni egală cu inversul rezistivității electrice.
2. Conductibilitatea electrică a unui mediu anisotrop este un tensor.

64. *Rezistivitatea electrică.* Factor care multiplică vectorul densității curentului de conducție în expresia vectorului intensității câmpului electric.

Observații:

1. Rezistivitatea electrică este deasemeni egală cu inversul conductibilității electrice.
2. Rezistivitatea electrică a unui mediu anisotrop este un tensor.

65. *Coeficientul de temperatură al rezistenței electrice.* Raportul dintre variația rezistenței unui mediu sau a unui corp corespunzătoare variației temperaturii cu un grad către valoarea inițială a mărimii rezistenței.

66. *Circuit electric.* Ansamblul de surse de curent, rezistențe, capacități și inductanțe, prin care pot circula curenți electrici.

67. *Circuit electric linear.* Circuit electric în care rezistențele, inductanțele și capacitățile nu depind de valoarea curenților, care trec prin circuit sau a tensiunilor pe porțiunile circuitului.

68. *Circuit electric nelinear.* Circuit electric în care rezistențele, inductanțele și capacitățile pot varia în funcție de curentul care trece sau de tensiunea aplicată.

69. *Multipol.* O parte a circuitului electric care are cel puțin două borne.

70. *Multipol pasiv.* Multipol care nu conține f.e.m. (surse de curent).

71. *Multipol activ.* Multipol care conține f.e.m. (surse de curent).

VI. CARACTERISTICI MAGNETICE FUNDAMENTALE ALE CAMPULUI MAGNETIC

72. *Inducție magnetică.* Mărime vectorială care caracterizează acțiunea mecanică a unui câmp magnetic asupra unui curent electric precum și capacitatea câmpului magnetic de a genera prin variația sa un câmp electric rotațional. Direcția vectorului inducției magnetice într'un punct al câmpului este direcția dela polul sud la polul nord al unui ac magnetic așezat în punctul considerat al câmpului și orientat de către forțele câmpului. Modulul vectorului inducției este egal cu limita raportului dintre forța care acționează asupra unui element de conductor străbătut de curent și produsul dintre lungimea acestui element și intensitatea curentului, când atât elementul cât și curentul tind spre zero, cu condiția ca elementul considerat al conductorului să fie dispus normal pe direcția vectorului inducției.

73. *Linie de inducție magnetică* (linie magnetică). Linie la care în fiecare punct tangenta coincide cu direcția vectorului inducției magnetice.

74. *Tub de inducție magnetică* (tub magnetic). Porțiune a câmpului magnetic limitată de suprafața continuă formată de un tub ale cărui generatoare sunt liniile de inducție magnetică.

75. *Flux magnetic.* Fluxul vectorului inducției magnetice (altfel : integrala de suprafață a vectorului inducției magnetice prin suprafața considerată).

76. *Dipol magnetic.* Curent electric închis care circulă într'un circuit elementar.

77. *Moment magnetic al unui circuit elementar cu curent electric.* Moment magnetic al unui dipol magnetic. Mărime vectorială proporțională cu produsul intensității curentului prin suprafața elementară limitată de circuitul prin care circulă curentul și dirijată perpendicular pe această suprafață, după regula burghiului drept.

78. *Moment magnetic al unui corp.* Mărime vectorială egală cu suma geometrică a momentelor magnetice ale curenților elementari închiși, echivalenți cu curenții moleculari, ai corpului considerat.

79. *Magnetizare* (polarizare magnetică). Proces în urma căruia corpul capătă moment magnetic.

80. *Forță de magnetizare* (forță magnetomotoare). Mărime scalară care caracterizează acțiunea magnetică a curentului electric, este proporțională cu suma algebrică a curenților cuprinși de circuitul închis considerat și este egală cu integrala de linie a intensității câmpului magnetic în lungul circuitului.

81. *Polarizare magnetică.* Stare a materiei caracterizată prin faptul că momentul magnetic al întregului corp sau al unei porțiuni a acestuia are o valoare diferită de zero.

82. *Polarizație magnetică* (vectorul intensității de polarizare magnetică). Mărime vectorială, care caracterizează gradul de magnetizare a materiei într'un punct și este egală cu limita raportului dintre vectorul momentului magnetic al unui volum ce cuprinde punctul considerat către acest volum, când volumul tinde spre zero.

83. *Intensitatea câmpului magnetic.* Mărime vectorială a cărei integrală de linie pe un circuit închis este proporțională cu suma curenților electrici macroscopici ce străbat o suprafață continuă oarecare, limitată de circuitul de integrare și este egală cu diferența dintre vectorul inducției magnetice și polarizația magnetică, fiecare multiplicat printr'un factor dependent de alegerea sistemului de unități.

84. *Potențial magnetic scalar.* Funcție multiformă de punct, al cărei gradient cu semn schimbat este egal cu intensitatea câmpului magnetic.

Observație : In punctele în care densitatea curentului electric este diferită de zero, potențialul magnetic scalar nu există.

85. *Diferența de potențial magnetic scalar dintre două puncte.* Integrala de linie a intensității câmpului magnetic între punctele considerate cu condiția ca drumul de integrare să treacă printr'o regiune în care densitatea curenților electrici este egală cu zero.

86. *Constantă de polarizare magnetică* (susceptibilitate magnetică). Mărime scalară care caracterizează proprietatea mediului de a se magnetiza sub acțiunea unui câmp magnetic și este egală cu factorul ce multiplică vectorul intensității câmpului magnetic în expresia vectorului polarizației magnetice.

Observație : Constanta de polarizare magnetică a unui mediu anisotrop este un tensor.

87. *Permeabilitate magnetică.* Factor care multiplică vectorul intensității (câmpului magnetic N. T.) în expresia vectorului inducției magnetice, în cazul unui mediu isotrop.

Observație : Intr'un mediu anisotrop, permeabilitatea magnetică este un tensor. Permeabilitatea magnetică a vidului în sistemul M.K.S. (raț. N.T.) este :

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Henry}}{\text{metru}}.$$

88. *Permeabilitate magnetică relativă.* Raportul dintre permeabilitatea magnetică a mediului într'un punct și permeabilitatea magnetică a vidului.

89. *Curbă de primă magnetizare.* Curbă de variație a inducției magnetice, în funcție de intensitatea câmpului magnetic, în cazul magnetizării prin variația monotonă a câmpului magnetic, a unui corp în prealabil demagnetizat.

90. *Hysteresis.* Fenomenul ireversibil de magnetizare a unui mediu și al dependenței inducției magnetice în procesul de magnetizare de starea magnetică precedentă.

91. *Curbă de hysteresis.* Curba variației inducției magnetice în funcție de intensitatea câmpului magnetic în procesul de variație ciclică a intensității câmpului.

92. *Forță coercitivă.* Intensitatea câmpului magnetic care trebue aplicată unui corp magnetizat pentru a reduce inducția magnetică în corp la zero.

93. *Magnetizare remanentă.* Magnetizare ce se păstrează în corp când forțele de magnetizare sau intensitatea câmpului magnetic exterior devin egale cu zero.

94. *Magnet.* Corp care are magnetizare remanentă.

95. *Electromagnet.* Dispozitiv în care magnetizarea unui miez dintr'un material cu permeabilitate magnetică mare este întreținută printr'un curent în înfășurarea de magnetizare.

96. *Inducție remanentă.* Inducția magnetică a câmpului magnetic excitat de către magnetizarea remanentă.

97. *Câmp magnetostatic.* Câmpul magnetic al magneților permanenți imobili.

98. *Pol magnetic nord.* Porțiune a suprafeței unui magnet sau a unui electromagnet, pe care unghiul dintre vectorul inducției magnetice și normala exterioară la această suprafață este apropiat sau egal cu zero.

99. *Pol magnetic sud.* Porțiune a suprafeței unui magnet sau a unui electromagnet, pe care unghiul dintre vectorul inducției magnetice și normala exterioară la această suprafață este apropiat sau egal cu π.

100. *Circuit magnetic.* Ansamblul mediilor și corpurilor ce se găsesc sub acțiunea unor forțe de magnetizare și sunt înlănțuite printr'un flux magnetic comun.

101. *Reluctanța circuitului magnetic.* Mărime egală cu raportul dintre forța de magnetizare. care cauzează flux magnetic în circuitul magnetic dat, către acest flux.

102. *Permeanța circuitului magnetic.* Mărime egală cu raportul dintre fluxul magnetic în circuitul magnetic dat și forța de magnetizare care cauzează acest flux.

103. *Reluctanță.* Mărime egală cu raportul dintre diferența potențialelor magnetice scalare a două secțiuni echipotențiale a fluxului magnetic dat și acest flux.

104. *Permeanță magnetică.* Mărime egală cu raportul dintre fluxul magnetic considerat și diferența potențialelor magnetice scalare a două secțiuni echipotențiale ale acestui flux.

105. *Flux total.* Suma fluxurilor magnetice tubulare înlănțuite în diferitele spire ale unui circuit electric dat.

106. *Flux total de autoinducție.* Fluxul total al circuitului electric condiționat (cauzat) de curentul electric din acest circuit.

107. *Flux total de inducție mutuală.* Flux total al unui circuit electric condiționat (cauzat) de curentul electric dintr'un alt circuit electric.

108. *Inducție electromagnetică.* Fenomenul de producere a unui câmp electric rotațional prin variația câmpului magnetic, fenomen care duce la inducția unei f.e.m. într'un circuit închis, când fluxul magnetic care străbate acest circuit variază sau când întreg circuitul sau o parte a sa se mișcă într'un câmp magnetic.

109. *Inducție proprie.* Fenomenul de producere a unei f.e.m. într'un circuit electric prin variația curentului electric care trece prin acest circuit.

110. *Inducție mutuală.* Fenomenul de producere a unei f.e.m. într'un circuit electric prin variația curentului electric care circulă într'un alt circuit, ambele circuite avâud un flux total comun.

111. *Inductanță.* Proprietate a circuitului electric care condiționează inducția unei f.e.m. în acest circuit, prin variația curentului care îl străbate și care se măsoară prin raportul dintre f.e.m. indusă în acest circuit și derivata în raport cu timpul a curentului care străbate circuitul, sau prin mărimea raportului dintre fluxul total de autoinducție a acestui circuit și curentul care îl străbate, sau prin mărimea raportului energiei magnetice înmagazinată în câmpul magnetic și jumătate din pătratul curentului.

Observații:

1. Dacă permeabilitatea magnetică a mediului nu este constantă, inductanța nu mai poate fi unic determinată.
2. Dispozitivul format obișnuit dintr'o bobină din material conductor în care se folosește inductanța sa, este uneori denumit prescurtat „inductanță".

112. *Inductanță mutuală.* Proprietate a unui circuit electric, care condiționează producerea unei f.e.m. într'un alt circuit electric prin variația curentului electric care străbate primul circuit și care se măsoară prin mărimea raportului dintre f.e.m. indusă în al doilea circuit și derivata în raport cu timpul curentului din primul circuit, sau prin mărimea raportului dintre fluxul total de inducție mutuală dintre cele două circuite și curentul din primul circuit.

Observație. Dacă permeabilitatea magnetică a mediului nu este constantă, inductanța nu mai poate fi unic determinată.

VII. CURENT ALTERNATIV

Observații:

1. Termenii Nr. 113, 114, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 128, 129, 130, 151, 152, care se referă la „curent", se pot folosi și pentru „tensiune", „f.e.m." etc.
2. Termenii Nr. 136, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 157, care se referă la „curent sinusoidal", se pot folosi și pentru „curent sinusoidal echivalent".

113. *Valoarea instantanee a curentului electric.* Valoare instantanee a curentului. Intensitatea curentului electric în momentul considerat.

114. *Curent electric periodic.* Curent periodic. Curent electric ale cărui valori instantanee se repetă la anumite intervale de timp (perioade).

115. *Perioadă.* Intervalul de timp minim după trecerea căruia valoarea instantanee a mărimii variabile (f.e.m., tensiune sau curent) se repetă în aceeași succesiune, un număr indefinit de ori.

116. *Frecvența curentului alternativ.* Numărul perioadelor în unitatea de timp (altfel : mărime inversă perioadei).

117. *Frecvență unghiulară.* Factor care multiplică timpul în expresia argumentului unei mărimi sinusoidale, egală cu numărul perioadelor în 2π secunde.

118. *Curent neperiodic.* Curent electric care variază în timp după o lege neperiodică.

Observație : Curentul electric, care își păstrează valoarea neschimbată, se numește curent continuu.

119. *Puls de curent.* Curent electric de scurtă durată.

120. *Curent electric alternativ.* Curent alternativ. In sensul larg al cuvântului — orice curent care variază în timp. In sensul restrâns al cuvântului — curent electric periodic a cărui valoare medie în timpul unei perioade este apropiată sau egală cu zero.

121. *Curent electric pulsatoriu.* Curent pulsatoriu. Curent electric periodic, ale cărui valori instantanee de un semn sunt considerabil mai mari decât valorile instantanee de semn contrariu.

122. *Curent electric sinusoidal.* Curent electric armonic. Curent sinusoidal. Curent electric periodic care variază în timp după o lege sinusoidală.

123. *Curent electric nesinusoidal.* Curent electric periodic diferit de cel sinusoidal.

124. *Faza unei mărimi sinusoidale.* Fază. Valoarea unghiulară a argumentului unei mărimi sinusoidale, considerată în cel mai apropiat punct al trecerii acestei mărimi prin zero, către valori pozitive.

125. *Decalaj de fază.* Diferența fazelor a două mărimi variabile după o lege sinusoidală.

126. *Fază inițială.* Valoarea fazei unei mărimi variabile sinusoidal, în momentul inițial.

127. *Puterea instantanee a curentului electric.* Puterea instantanee a curentului. Mărimea puterii curentului electric în momentul dat, egală

cu produsul mărimilor instantanee a f.e.m. care acționează în circuit, sau a tensiunii la bornele circuitului, și a curentului prin circuit.

128. *Valoarea eficace a curentului electric periodic.* Valoarea eficace a curentului (valoarea efectivă a curentului electric periodic). Mărimea curentului continuu, care ar putea să desvolte în timpul unei perioade aceeași căldură ca și curentul periodic dat, egală cu rădăcina pătrată din valoarea medie a pătratului curentului periodic.

129. *Componența continuă a curentului electric periodic.* Mărimea curentului continuu, egală cu valoarea medie a curentului periodic dat, în intervalul uneia sau mai multor perioade întregi.

130. *Valoarea medie a curentului electric alternativ.* Valoarea medie a curentului. Mărimea curentului continuu, egală cu valoarea medie a curentului alternativ în intervalul semiperioadei pozitive.

131. *Factor de formă al unei curbe periodice. Factor* de formă. Raportul dintre valoarea efectivă a mărimii reprezentată de curbă și valoarea ei medie.

Observație: Valoarea medie se ia în intervalul semiperioadei pozitive.

132. *Putere aparentă a curentului electric periodic.* Putere aparentă. Mărime egală cu produsul valorilor eficace a curentului electric periodic din circuit și a tensiunii la bornele sale.

133. *Puterea activă a curentului electric periodic.* Putere activă. Valoarea medie a puterii instantanee în circuitul electric dat, în intervalul unei perioade.

134. *Factor de putere.* Mărime egală cu raportul dintre puterea activă și cea aparentă.

Observație: În regim sinusoidal, factorul de putere este egal cu cosinusul unghiului de decalaj între tensiune și curent.

135. *Tensiune și curent sinusoidal echivalente.* Tensiune și curent sinusoidal ale căror valori efective și putere activă coincid cu valorile efective și puterea activă ale curentului și tensiunii periodice date.

136. *Putere reactivă a curentului sinusoidal.* Putere reactivă. Rădăcina pătrată din diferența pătratelor puterii aparente și puterii active.

Observații:

1. Puterea reactivă este egală cu produsul puterii aparente prin sinusul unghiului dintre curent și tensiune.
2. Puterea reactivă se consideră pozitivă, dacă curentul este în urma tensiunii și negativă — dacă curentul este înaintea tensiunii.

137. *Putere reactivă a curentului electric periodic.* Suma algebrică a puterilor reactive ale componentelor armonice ale curentului electric periodic dat.

138. *Putere deformantă a curentului electric periodic.* Putere deformantă. Rădăcina pătrată din diferența pătratelor puterii reactive a curentului sinusoidal echivalent cu curentul periodic dat și puterea reactivă a curentului periodic.

139. *Rezistența circuitului curentului electric periodic.* Rezistența activă. Mărime egală cu raportul dintre puterea activă absorbită în circuit și pătratul valorii eficace a curentului în acest circuit.

140. *Conductanța circuitului curentului electric periodic.* Conductanță (activă). Mărime egală cu raportul dintre puterea activă absorbită în circuit și pătratul valorii eficace a tensiunii la bornele sale.

141. *Impedanța circuitului în curent sinusoidal.* Mărime egală cu raportul dintre valoarea eficace a tensiunii la bornele circuitului și valoarea eficace a curentului în circuit.

142. *Admitanța circuitului în curent sinusoidal.* Mărime egală cu raportul dintre valoarea eficace a curentului care circulă prin circuit și valoarea eficace a tensiunii la bornele sale.

Observație: Mărimea admitanței circuitului este inversul mărimii impedanței sale.

143. *Reactanța circuitului în curent sinusoidal.* Rădăcina pătrată din diferența pătratelor impedanței și rezistenței active a circuitului.

Observații:

1. Reactanța este deasemenea egală cu raportul dintre puterea reactivă a circuitului și pătratul valorii eficace a curentului în circuit.
2. Reactanța este deasemenea egală cu produsul dintre impedanță și sinusul unghiului de decalaj dintre curent și tensiune.
3. Reactanța se consideră pozitivă dacă curentul este în urma tensiunii și negativă dacă curentul este înaintea tensiunii.

144. *Reactanță inductivă a circuitului în curent sinusoidal.* Reactanță inductivă. Reactanța reactivă, condiționată de inductanța circuitului și egală cu produsul mărimii inductanței prin frecvența unghiulară.

145. *Reactanță capacitivă a circuitului în curent sinusoidal.* Reactanță capacitivă. Reactanță reactivă, condiționată de capacitatea din circuit și egală cu inversul produsului mărimii capacității prin frecvența unghiulară.

146. *Susceptanța circuitului în curent sinusoidal.* Rădăcina pătrată din diferența pătratelor admitanței și conductanței active a circuitului.

Observații:

1. Susceptanța este deasemenea egală cu raportul dintre puterea reactivă a circuitului dat și pătratul valorii eficace a tensiunii la bornele acestui circuit.
2. Susceptanța este deasemenea egală cu produsul dintre admitanță și sinusul unghiului de decalaj între curent și tensiune.
3. Susceptanța se consideră pozitivă dacă curentul este în urma tensiunii și negativă — dacă curentul este înaintea tensiunii.

147. *Componentă activă a curentului sinusoidal* (componentă watată N. T.). Componenta activă a curentului. Mărime egală cu raportul dintre puterea activă absorbită în circuitul dat și valoarea eficace a tensiunii aplicată la bornele sale.

Observație: Componența activă a curentului este deasemenea egală cu produsul dintre valoarea eficace a curentului și cosinusul unghiului de decalaj între curent și tensiune.

148. *Componentă activă a tensiunii sinusoidale.* Componenta activă a tensiunii. Mărime egală cu raportul dintre puterea activă absorbită în circuitul dat şi valoarea eficace a curentului în acest circuit.

Observaţie: Componenţa activă a tensiunii este deasemenea egală cu produsul valorii eficace a tensiunii prin cosinusul unghiului de decalaj între curent şi tensiune.

149. *Componentă reactivă a curentului sinusoidal* (componentă dewatată N. T.). Componenta reactivă a curentului. Raportul dintre puterea reactivă a circuitului dat şi valoarea eficace a tensiunii la bornele sale.

Observaţie: Componenta reactivă a curentului este deasemenea egală cu produsul valorii eficace a curentului prin sinusul unghiului de decalaj între curent şi tensiune.

150. *Componentă reactivă a tensiunii sinusoidale.* Componenta reactivă a tensiunii. Raportul dintre puterea reactivă în circuitul dat şi valoarea eficace a curentului în acest circuit.

Observaţie: Componenta reactivă a tensiunii este deasemeni egală cu produsul valorii eficace a tensiunii prin sinusul unghiului de decalaj între curent şi tensiune.

151. *Amplitudinea complexă a curentului sinusoidal.* Amplitudinea complexă a curentului. Mărime complexă, independentă de timp, modulul şi argumentul căreia sunt respectiv egale cu amplitudinea şi faza iniţială ale curentului sinusoidal dat.

152. *Expresie complexă a curentului sinusoidal.* Expresia complexă a curentului. Mărime complexă, independentă de timp, modulul şi argumentul căreia sunt respectiv egale cu valoarea eficace şi faza iniţială a curentului sinusoidal dat.

153. *Impedanţa complexă a circuitului în curent sinusoidal.* Impedanţă complexă. Mărime complexă egală cu raportul dintre amplitudinea complexă a tensiunii la bornele circuitului dat şi amplitudinea complexă a curentului din acest circuit.

154. *Admitanţă complexă a circuitului în curent sinusoidal.* Admitanţă complexă. Mărime complexă egală cu raportul dintre amplitudinea complexă a curentului care trece prin circuitul dat şi amplitudinea complexă a tensiunii la bornele sale.

Observaţie: Admitanţa complexă este mărimea inversă impedanţei.

155. *Impedanţă echivalentă a circuitului sau a unei porţiuni a circuitului în curent sinusoidal.* Impedanţă echivalentă. Impedanţa în care o tensiune sinusoidală egală ca mărime şi fază cu tensiunea la bornele circuitului dat, sau a unei porţiuni a acestuia, produce acelaşi curent ca mărime şi fază ca şi circuitul dat, sau porţiunea respectivă a acestuia.

Observaţie: Pentru un circuit sau o porţiune de circuit în curent continuu, rezistenţa echivalentă este egală cu rezistenţa în care tensiunea egală cu tensiunea la bornele circuitului dat, sau a unei porţiuni a acestuia, va produce acelaşi curent ca şi în circuitul dat, sau în porţiunea acestuia.

156. *Schemă echivalentă.* Schemă înlocuitoare. Circuit electric a cărui rezistenţă (impedanţă) este echivalentă cu rezistenţa (impedanţa) circuitului dat.

157. *Impedanţă de intrare a circuitului în curent sinusoidal.* Impedanţă de intrare. Raportul dintre amplitudinea complexă a tensiunii la bornele de intrare ale circuitului dat şi amplitudinea complexă a curentului din circuit.

Observaţie: Pentru circuitele de curent continuu, rezistenţa de intrare este egală cu raportul dintre tensiunea la bornele circuitului şi curentul care îl străbate.

158. *Rezonanţă.* Fenomenul de coincidenţă ca fază a tensiunii sinusoidale la bornele unui circuit oscilant şi a curentului care alimentează acel circuit.

Observaţie: La rezonanţă sursa de energie care alimentează circuitul furnizează acestuia numai putere activă.

159. *Rezonanţă de tensiune.* Rezonanţă serie. Fenomenul de rezonanţă într'un circuit oscilant care conţine inductanţă şi capacitate, montate în serie în raport cu sursa de alimentare.

160. *Rezonanţă de curent.* Rezonanţă derivaţie. Fenomenul de rezonanţă într'un circuit oscilant care conţine inductanţă şi capacitate, montate în derivaţie în raport cu sursa de alimentare.

161. *Frecvenţă de rezonanţă.* Frecvenţa oscilaţiilor de curent şi tensiune într'un circuit oscilant la rezonanţă.

Observaţie: Intr'un circuit oscilant fără pierderi, frecvenţa de rezonanţă coincide cu frecvenţa proprie a circuitului.

162. *Ferorezonanţă.* Fenomenul care are loc în circuite ce conţin inductanţe cu miez de fier şi capacităţi montate în serie sau în derivaţie, când datorită unei variaţii a amplitudinii tensiunii sinusoidale aplicate, curentul îşi schimbă brusc mărimea şi semnul defazajului trecând dintr'o stare stabilă, printr'o stare instabilă, într'o altă stare stabilă.

VIII. SISTEME POLIFAZATE

163. *Sistem monofazat.* Ansamblul f.e.m. alternative de aceeaşi frecvenţă, care acţionează într'un circuit electric separat şi admit înlocuirea lor printr'o f.e.m. echivalentă.

Observaţii: Prin f.e.m. echivalentă, se înţelege o astfel de f.e.m. care — montată în circuitul electric în locul sistemului f.e.m. dat — produce în acest circuit curenţi de aceleaşi amplitudini şi faze ca şi sistemul de f.e.m. considerat.

164. *Sistem bifazat.* Ansamblul a două sisteme monofazate în care f.e.m. echivalentă a sistemului al doilea este decalată în raport cu f.e.m. echivalentă a primului sistem cu unghiul $\frac{\pi}{2}$.

165. *Sistem polifazat.* Ansamblul câtorva sisteme monofazate cu o ordine dată a succesiunii lor, în care vectorii f.e.m. echivalente sunt decalaţi unul faţă de altul de unghiuri a căror sumă este egală cu 2π.

166. *Sistem polifazat simetric.* Sistem polifazat în care f.e.m. echivalente ale fiecărui sistem monofazat sunt egale ca amplitudine şi decalate ca fază cu $\frac{2\pi}{m}$ una faţă de cealaltă, unde m este numărul sistemelor monofazate care alcătuesc sistemul polifazat dat şi se numeşte numărul de faze al sistemului polifazat.

167. *Sistem trifazat simetric.* Ansamblul a trei sisteme monofazate, ale căror f.e.m. echivalente sunt egale ca amplitudine și decalate cu $\frac{2\pi}{3}$ una față de cealaltă.

168. *Sistem polifazat echilibrat.* Sistem polifazat, a cărui putere instantanee este constantă și egală cu puterea medie.

169. *Circuit monofazat.* Circuit electric izolat, în care acționează un sistem monofazat de f.e.m.

170. *Circuit polifazat.* Ansamblul unor circuite monofazate, în care acționează un sistem polifazat de f.e.m.

171. *Fază.* Circuit monofazat cuprins într'un circuit polifazat dat.

172. *Circuit polifazat legat.* Circuit polifazat în care diferitele faze sunt legate electric între ele.

173. *Circuit polifazat simetric.* Circuit polifazat în care impedanțele complexe ale fazelor componente sunt identice.

174. *Circuit polifazat nesimetric.* Circuit polifazat în care impedanțele complexe ale fazelor componente sunt diferite.

175. *Componente simetrice ale unui sistem polifazat nesimetric.* Trei sisteme polifazice, având același număr de faze ca și sistemul polifazat nesimetric dat și în care acesta din urmă poate fi descompus; cele trei sisteme monofazate se compun din:

1. Sistemul homopolar, în care vectorii coincid ca amplitudine și fază.

2. Sistemul de succesiune directă — sistem simetric — în care vectorii sunt dispuși în aceeași succesiune ca și în sistemul nesimetric dat.

3. Sistemul de succesiune inversă — sistem simetric — în care vectorii au o succesiune inversă față de sistemul dat.

IX. PROCESE TRANZITORII

Observație: Termenii Nr. 177, 178, 179, 180 și 181, referitor la curent, pot fi folosiți și pentru tensiune, f.e.m., sarcină, etc.

176. *Proces tranzitoriu într'un circuit electric.* Proces tranzitoriu. Proces variabil. Proces nepermanent. Proces electromagnetic care apare într'un circuit electric când:

1) variază rezistențele, inductanțele și capacitățile circuitului și

2) variază curenții în circuit și tensiunile aplicate circuitului sau unor porțiuni ale acestuia.

177. *Curent electric permanent.* Curent electric periodic sau continuu, care se stabilește într'un circuit electric sub acțiunea unei f.e.m. sau a unei tensiuni periodice sau continue, după terminarea procesului tranzitoriu.

178. *Curent electric tranzitoriu.* Curent nepermanent. Curent variabil. Curent electric care se produce în circuit în timpul procesului tranzitoriu.

Observație: Curentul tranzitoriu este egal cu suma algebrică a curenților electrici liber și permanent.

179. *Curent electric liber.* Curent electric care apare într'un circuit electric pe socoteala rezervei de energie electromagnetică înmagazinată în acest circuit, în lipsa unei surse exterioare de energie.

Observație: In fenomenele tranzitorii, curentul liber este egal cu diferența dintre curentul tranzitoriu și cel permanent.

180. *Curent oscilant liber.* Curent electric liber care are oscilații.

181. *Curent liber aperiodic.* Curent liber variabil monoton în timp.

182. *Conductanță de tranziție.* Admitanță generalizată (indicială). Funcțiune de timp având dimensiunea unei conductanțe, egală cu raportul dintre curentul tranzitoriu într'un circuit electric, sau într'o porțiune a acestuia, și mărimea saltului de tensiune atunci când această tensiune este aplicată circuitului sau unei porțiuni a acestuia.

183. *Circuit oscilant.* Circuit electric care conține inductanță și capacitate și în care sunt posibile oscilații libere ale curentului și tensiunii.

184. *Frecvența proprie a circuitului oscilant.* Frecvență proprie. Frecvența oscilațiilor libere ale curentului și tensiunii care apar într'un circuit oscilant.

185. *Amortizare.* Micșorarea în timp a intensității unui proces fizic, legată în mod obișnuit de disipația energiei acestui proces.

186. *Decrementul logaritmic al amortizării.* Decrement logaritmic. Caracteristica amortizării unui circuit oscilant, egală cu logaritmul raportului dintre două valori instantanee ale mărimii oscilante, luată la intervalul unei perioade.

187. *Constanta de timp a circuitului.* Intervalul de timp în decursul căruia procesul tranzitoriu se amortizează de $e = 2{,}718\ldots$ ori.

188. *Absorpție.* Micșorarea intensității unui proces fizic ondulatoriu în timpul propagării acestuia în spațiu, legată în mod obișnuit de dispariția de energie a acestui proces.

X. CIRCUITE CU CONSTANTE REPARTIZATE

189. *Circuit electric cu constante concentrate.* Circuit electric în care se poate considera că — în funcție de condițiile regimului circuitului — rezistența, inductanța și capacitatea sunt concentrate pe diferite porțiuni ale circuitului și nu se influențează una pe cealaltă.

190. *Circuit electric cu constante repartizate.* Circuit electric, în care rezistența, inductanța și capacitatea sunt distribuite pe lungimea întregului circuit sau a unor porțiuni ale acestuia.

191. *Impedanță caracteristică.* Raportul dintre amplitudinea complexă a tensiunii și amplitudinea complexă a curentului într'o undă electromagnetică sinusoidală progresivă, ce se propagă în lungul unei linii.

192. *Constantă de propagare.* Mărime complexă care caracterizează variația modulului și argumentului amplitudinii complexe a unei unde sinusoidale de tensiune și curent, atunci când ea se propagă pe o unitate de lungime în lungul unei linii; coeficientul de propagare este egal cu logaritmul raportului dintre amplitudinile complexe ale curentului (sau ale tensiunii) în două puncte ale liniei, așezate la distanța unei lungimi de undă unul față de celălalt.

193. *Constantă de atenuare.* Mărime care caracterizează scăderea amplitudinii unei unde progresive de curent și tensiune care se propagă, când aceasta s'a deplasat, cu unitatea de lungime ; constanta de atenuare este egală cu partea reală a constantei de propagare.

194. *Constantă de fază.* Constantă de lungime de undă. Mărime care caracterizează variația fazei unei unde sinusoidale de curent și tensiune, când aceasta s'a deplasat cu o unitate de lungime ; constanta de fază este egală cu partea imaginară a constantei de propagare.

LEFORDITVA
2164824 12/53

CALCULUL VITEZEI DE EXCITAȚIE A EXCITATRICELOR

Ing. B. HERȘCOVICI

Se arată necesitatea ca fiecare alternator să fie studiat de constructor și din punctul de vedere al vitezei de excitație al excitatricei, pentru a corespunde în mod optim condițiilor de exploatare. Se examinează factorii cari influențează viteza de excitație a alternatorului și se dă o metodă de calcul simplificată pentru calculul sensibilității medii de reglaj a excitatricei. Se examinează cazul excitatricei cu excitație separată și cazul excitatricei cu excitație în derivație. Se dă un exemplu de calcul a vitezei de excitație la o excitatrice căreia i se dau caracteristicile.

Odată cu electrificarea patriei noastre, tehnicienii noștrii constructori de mașini electrice trebue să rezolve probleme din cele mai diverse. Deasemenea aceste probleme trebue soluționate cât mai complect posibil.

O problemă importantă la alternatori este problema vitezei lor de excitație. Un alternator a cărui tensiune la borne se va acomoda mai rapid necesităților și variațiilor de sarcină din rețeaua alimentată de el, va fi evident superior unui alternator leneș care răspunde cu întârziere la apelurile rețelei.

Astfel în cazul în care un receptor mare sau întreaga rețea sunt scoase brusc din consum, alternatorul va trece deodată dela mersul în plină sarcină la mersul în gol. Dacă în acest caz nu se va putea provoca o coborîre rapidă a tensiunii la bornele alternatorului aceasta va crește cu mult peste valoarea nominală, atingând valori nepermise.

La fel se pune problema în cazul unui scurtcircuit pe rețea. In acest caz va trebui să se poată provoca o cădere cât mai rapidă a tensiunii alternatorului pentru a se evita o creștere nepermisă a curentului respectiv de scurt circuit.

Din cele arătate mai sus se vede că este neapărat necesar ca fiecare alternator să fie studiat de constructor și din punct de vedere al acestei proprietăți, așa cum fac constructorii sovietici.

Sunt mulți factori care influențează această rapiditate de excitație a alternatorului. Toți acești factori provin din cauza fenomenului cunoscut că la închiderea unui circuit cu inductanță, curentul nu se stabilește dintr'odată, ci necesită un așa numit timp de stabilire. Fenomenul se găsește tratat în cazul general în C. A. Crug „Bazele electrotehnicii" [2]. In cazul specific al alternatorului tensiunea sa la borne depinde în primul rând de stabilirea curentului de excitație i_E în însăși roata polară. Dacă alternatorul posedă o excitație proprie, stabilirea curentului i_E va depinde mai departe de felul cum se stabilește tensiunea U_E la bornele roții polare, care în cele mai multe cazuri este chiar tensiunea la bornele excitatricei.

Această tensiune U_E se va stabili și ea după cum se va stabili de repede curentul i de excitație în inductorul excitatricei. Pusă în acest fel problema pare mult prea complexă. Practic s'a constatat că factorul cel mai important care influențează această sensibilitate a alternatorului este timpul de stabilire al tensiunii U_E la bornele excitatricei.

STAS 1893—50 impune deci condiții numai în acest sens, sub titlul „sensibilitatea de reglaj a excitatricei".

Pentru excitatricele alternatorilor cu puteri mai mari de 100 kVA.

$$v \geqslant 0{,}8 \text{ 1/s},$$

iar pentru excitatricele alternatorului cu puteri mai mici ca 100 kVA.

$$v \geqslant 1{,}2 \text{ 1/s}.$$

In figura 1 este reprezentată după STAS 1893—50 curba de variație

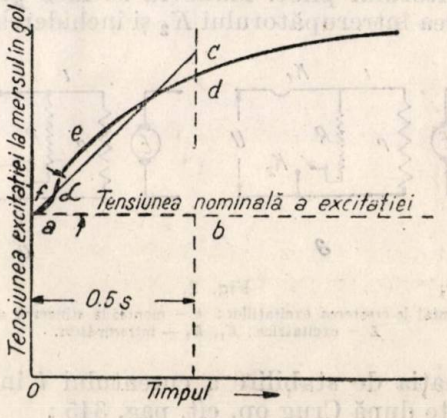


Fig. 1. Variația tensiunii de excitație în funcție de timp

$$U_E = f(t)$$

când excitatricea fiind în gol la viteza de regim se scurtcircuitează brusc reostatul de câmp.

In conformitate cu STAS 1893—50 se definește ca valoare a sensibilității de reglaj a excitatricei, creșterea de tensiune pe 1 s raportată la tensiunea de regim a excitatricei. Pentru a se admite această valoare, ca valoare medie curba $U_E = f(t)$ se înlocuește cu o dreaptă apropiată trasă dela 0 . . .0,5 s astfel încât suprafețele $s_1 = s_2$ (fig. 1) să fie egale. Creșterea de tensiune ΔU_E se ia cea corespunzătoare la 0,5 s, în care caz sensibilitatea de reglaj a excitatricei este valoarea :

$$v = \frac{\frac{\Delta U_E}{U_{EN}}}{0{,}5} = 2\,\frac{\Delta U_E}{U_{EN}}\ 1/\text{s} \qquad (1)$$

unde U_{EN} este tensiunea nominală a excitatricei.

Când se cunoaște fluxul activ din indus $\varphi_A = f(t)$, care generează pe U_E formula (*1*) se mai poate scrie evident :

$$v = 2\,\frac{\Delta \varphi_A}{\varphi_{AN}} \qquad (2)$$

φ_{AN} fiind valoarea fluxului corespunzătoare tensiunii nominale a excitatricei.

In prezentul articol se va arăta metoda de calcul pentru determinarea curbelor de felul :

$U_E = f(t)$ sau după caz și nevoie
$\varphi_A = f(t)$,

din care cu ajutorul relațiilor (1) și (2) se poate deduce după STAS 1893—50 sensibilitatea medie de reglaj a excitatricei. Metoda arătată este o simplificare a metodei generale arătate în lucrarea „Bazele electrotehnicii" de Crug.

Se va trata în primul rând cazul excitatricei având însăși ea o excitație separată alimentată de un generator pilot, care dă o tensiune U constantă și în al doilea rând cazul cel mai răspândit al excitatricei cu excitație sunt.

In figura 2 a, se arată cazul de creștere a excitației. Inductorul excitatricei (E) având rezistența r este brusc alimentat de tensiunea U a generatorului pilot. Manevra se face prin deschiderea întrerupătorului K_2 și închiderea lui K_1.

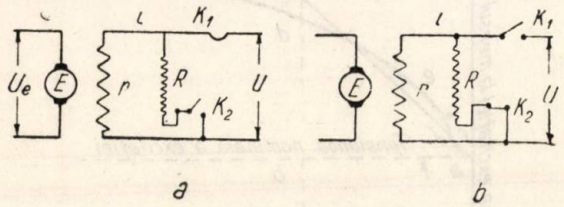


Fig. 2.

a — montaj la creșterea excitațiilor ; *b* — montaj la stingerea excitației ; *E* — excitatrice ; K_1, K_2 — întrerupători.

Ecuația de stabilire a curentului i în figura 2 *a* este după Crug op. cit. pag. 345 :

$$U = r\,i + n\,\frac{d\varphi}{dt} \qquad (3)$$

unde n este numărul de spire al inductorului excitatricei. Pentru a se pune în evidență fluxul activ φ_a proporțional cu mărimea U_E care interesează se va considera

$$\varphi = \sigma\ \varphi_a \qquad (4)$$

și se va admite că $\sigma = ct.$ In general $\sigma = 1{,}2$ Din (3) și (4) se deduce

$$\frac{U - r\,i}{n\,\sigma} = \frac{d\,\varphi_a}{dt} \qquad (5)$$

și trecând la diferența finită se deduce

$$\frac{U - r\,i}{n\,\sigma} = \frac{\Delta\,\varphi_a}{\Delta\,t} \qquad (6)$$

de unde :

$$\Delta\,t = \frac{n\,\sigma\,\Delta\varphi_a}{U - r\,i_m} \qquad (7)$$

i_m reprezentând curentul de excitație mediu în perioada cât fluxul φ_a a variat cu $\Delta\varphi_a$.

Ecuația (7) se rezolvă grafic din aproape în aproape dacă se cunoaște valoarea fluxului φ_a la momentul inițial, de pildă la $t = 0$; $\varphi_a = 0$ și deci se cunoaște legătura între φ_a și i adică dacă se posedă caracteristica de mers în gol al mașinii $\varphi_a = f(i)$ fie prin calcul, fie dela platformă. Se întocmește tabela 1, cu șase coloane unde se trece : în coloana 1 valorile fluxului φ_a sau eventual ale tensiunii la borne începând dela φ_a valoarea fluxului la momentul inițial $t = 0$; apoi se vor lua valori din ce în ce mai mari, crescându-se φ_a la început în trepte de cel mult $(4 \ldots 6\%)\ \varphi_{aN}$. In apropierea valorii nominale φ_{aN} a fluxului φ_a treptele de creștere vor fi de cel mult $(2 \ldots 2{,}5\%)\ \varphi_{aN}$. Aceste indicații ajută ca să se poată construi curba „a" din figura 1 cu puncte cât mai egal distanțate.

In coloana 2 se trece curentul de excitație corespunzător fluxului φ_{ap} din coloana 1 luat din caracteristica la mers în gol a mașinii. Astfel la $\varphi_a = \varphi_{ap}$ se găsește $i = i_p$. In coloana 3 se trec creșterile $\Delta\varphi_a$.

Astfel la $\varphi_a = \varphi_{ap}$ creșterea este

$$\Delta\varphi_a = \varphi_{ap} - \varphi_{a\,(p-1)}$$

In coloana 4 se trece curentul mediu de excitație în perioada cât a variat fluxul φ_a. Astfel la $\varphi_a = \varphi_{ap}$ curentul mediu de excitație va fi :

$$i_m = \frac{i_{p-1} + i_p}{2}$$

In coloana 5 se vor trece valorile $\Delta\,t$ calculate cu relația (7) și în fine, în coloana 6 se trece timpul, care rezultă din

$$\Sigma\,\Delta\,t_p$$

Astfel la φ_{ap} corespunde un timp

$$t_p = t_{p-1} + \Delta t_p.$$

Cu ajutorul tabelei 1 se poate trasa ușor curba $\varphi_a = f(t)$ din figura 3 iar după STAS 1893—50

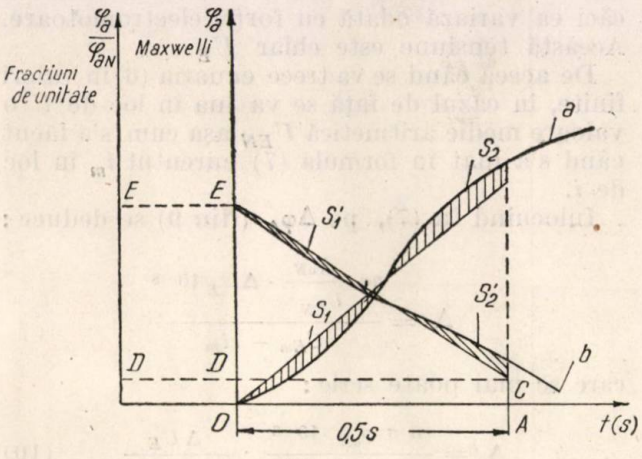


Fig. 3.

și din formulele 1 și 2 se determină V, așa cum s'a arătat.

$\left(\frac{d\varphi}{dt}\right.$ are semnul minus căci aici variația fluxului are sens negativ, de scădere).

Prin transformări corespunzătoare arătate la primul caz, se capătă :

$$\Delta t = \frac{n \cdot \sigma \cdot \Delta\varphi_a \cdot 10^{-8}}{(r + R) \cdot i_m} \qquad (8)$$

unde R — rezistența în ohmi a reostatului de stingere a câmpului inductor.

Celelalte elemente ale formulei (8) sunt aceleași cu cele corespunzătoare formulei (7).

Din aceleași motive ca și la cazul anterior se va face uz de o tabelă numerică pentru a determina curba stingerii excitației. Tabela va avea aceleași coloane ca și tabela 1 însă pentru determinarea valorilor lui Δt va fi folosită formula (8).

Trebue menționat că în această tabelă coloana 1 se va începe cu valoarea nominală a fluxului : φ_{aN} apoi se va scădea la zero.

Tabela 1

1 φ_a maxwell	2 i amperi	3 $\Delta\varphi_a$ maxwell	4 i amperi	5 Δt secunde	6 t secunde
1	2	3	4	5	6
$\varphi_0 = 0$	$i_0 = 0$	—	—	$\Delta t_0 = 0$	$t_0 = \Delta t_0 = 0$
φ_{a1}	i_1	$\varphi_{a1} - \varphi_{a0}$	$\frac{i_1 + i_2}{2}$	Δt_1	$t_1 = t_0 + \Delta t_1$
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	$t_2 = t_1 + \Delta t_2$
φ_{ap}	i_p	$\varphi_{ap} - \varphi_{a(p-1)}$	$\frac{i_{p-1} + i_p}{2}$	Δt_p	$t_p = t_{p-1} + \Delta t_p$
$\varphi_{a(p+1)}$	i_{p+1}	$\varphi_{a(p+1)} - \varphi_{ap}$	$\frac{i_p + i_{p+1}}{2}$	Δt_{p+1}	$t_{p+1} = t_p + \Delta t_{p+1}$
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
φ_{aN}	i_N	.	.	.	.

La excitatricele cu excitație separată nu este în general admisibil o întrerupere bruscă a excitației, pentru a se evita supratensiuni. Din această pricină la asemenea excitatrice trebue cunoscută și curba stingerii excitației.

In momentul stingerii excitației se deschide contactul electric K_1 care permite alimentarea inductorului excitatricei cu tensiune dela generatorul-pilot. Deci în cazul acesta $U = 0$. Pe de altă parte se introduce și rezistența de stingere a câmpului inductor — R — așa cum se vede în fig. 2 poz. *b*. Deci în cazul stingerii excitației curentul i din inductor va circula în rezistențele r (a inductorului) și R puse în serie, așa cum se vede în fig. 2 poz. *b*.

Prin urmare ecuația (3) va deveni :

$$0 = (r + R)\, i + n \left(\frac{d\varphi}{dt}\right) 10^{-8}$$

Deasemenea valorile lui φ_a din această coloană se vor lua începându-se dela φ_{aN} în jos prin descreșteri în trepte de cel mult $(4 \div 6\%)$ φ_{aN} iar în apropiere de $\varphi_a = 0$ se vor lua trepte de cel mult $(2 \div 2{,}5\%)$ φ_{aN}.

In felul acesta se poate reprezenta curba stingerii excitației, așa cum se vede în fig. 3 curba *b*.

Inainte de a trece mai departe este bine a se arăta aici că din aspectul curbelor $\varphi_a = f(t)$ se deduce că viteza de excitație caracterizată prin valoarea raportului

$$\frac{\Delta\varphi_a}{\Delta t}$$

este variabilă în diferitele puncte ale curbei, ceeace însemnează că viteza de excitație a unei excitatrice depinde de situația inițială adică de φ_a.

Practica a arătat că se poate admite o viteză medie adică se poate înlocui curba $\varphi_a = f(t)$ cu o dreaptă. In felul acesta se explică dece STAS 1893—50 definește o viteză medie de excitație indicând totodată felul cum s'a convenit a se determina v cunoscând curba $\varphi_a = f(t)$, relația (1) și (2).

Calculul arătat aici se poate face ceva mai exact după lucrarea lui C. A. Crug op. cit., pag. 345. S'a arătat însă o metodă uzuală ceva mai simplificată și care în practică dă rezultate suficiente. Deasemenea această metodă va putea fi aplicată mai departe și în cazul excitatricei cu excitație în derivație, caz care în literatura tehnică este mai puțin tratat.

CAZUL EXCITATRICEI CU EXCITAȚIE IN DERIVAȚIE

Acesta este cazul cel mai frecvent întâlnit în practică. Deoarece excitatricea este o mașină care în general are viteza de rotație constantă putem scrie relația de proporționalitate între flux și forța electro-motoare.

$$\frac{\Delta \varphi_a}{\varphi_{aN}} = \frac{\Delta U_E}{U_{EN}}; \quad \text{sau} \quad \Delta \varphi_a = \frac{\varphi_{aN}}{U_{EN}} \cdot \Delta U_E, \qquad (9)$$

unde U_{EN} = forța electro-motoare nominală a excitatricei în volți și ΔU_E = variații sensibile în volți ale tensiunii mașinii, cu valori rezultate din caracteristica la mersul în gol.

In cazul autoexcitației în derivație a excitatricei, tensiunea la bornele bobinajului inductor — U — nu mai este o valoare constantă căci ea variază odată cu forța electromotoare. Această tensiune este chiar U_E.

De aceea când se va trece ecuația (6) în valori finite, în cazul de față se va lua în loc de U o valoare medie aritmetică U_{EN} așa cum s'a făcut când s'a luat în formula (7) curentul i_m în loc de i.

Inlocuind în (7), pe $\Delta \varphi_A$ (din 9) se deduce:

$$\Delta t = \frac{n\sigma \cdot \frac{\varphi_{aN}}{U_{EN}} \cdot \Delta U_E 10^{-8}}{U_{Em} - r i_m}$$

care se mai poate scrie:

$$\Delta t = \frac{n \cdot \sigma \cdot \varphi_{aN} \cdot 10^{-8}}{U_{EN}} \cdot \frac{\Delta U_E}{U_{Em} - r i_m} \qquad (10)$$

unde, la fel ca și în relația (7) pentru curenți, avem acum și pentru tensiuni:

$$U_m = \frac{U_{Ep} + U_{E(p+1)}}{2} \qquad (11)$$

Toate celelalte litere din formula (10) sunt aceleași din formula (7).

Ecuația (10) se rezolvă într'un mod similar pe baza tabelei 2;

Tabela 2

1 U_E Volți	2 i amperi	1 ΔU_E Volți	2 i_m amperi	1 $U_{E\,n}$ Volți	3 Δt secunde	3 t secunde
1	2	3	4	5	6	7
U_{E0}	i_0	—	—	—	$\Delta t_0 = 0$	$t_0 = \Delta t_0 = 0$
U_{E1}	i_1	$U_{E1} - U_{E0}$	$\frac{i_0 + i_1}{2}$	$\frac{U_{E0} + U_{E1}}{2}$	Δt_1	$t_1 = t_0 + \Delta t_1$
U_{E2}	i_2	$U_{E2} - U_{E1}$	$\frac{i_1 + i_2}{2}$	$\frac{U_{E1} + U_{E2}}{2}$	Δt_2	$t_2 = t_1 + \Delta t_2$
⋮ U_{Ep}	⋮ i_p	⋮ $U_{Ep} - U_{E(p-1)}$	⋮ $\frac{i_{p-1} + i_p}{2}$	⋮ $\frac{U_{E(p-1)} + U_{Ep}}{2}$	⋮ Δt_p	⋮ $t_p = t_{p-1} + \Delta t_p$
$U_{E(p+1)}$	$i_p + 1$	$U_{E(p+1)} - U_{Ep}$	$\frac{i_p + i_{p+1}}{2}$	$\frac{U_{Ep} + U_{E(p+1)}}{2}$	Δt_{p+1}	$t_{p-1} = t_p + \Delta t_{p+1}$
⋮ U_{EN}	⋮ i_N	⋮ $U_{EN} - U_{E(N-1)}$	⋮ $\frac{i_{N-1} + i_N}{2}$	⋮ $\frac{U_{E(N-1)} - U_{EN}}{2}$	⋮	⋮
⋮ $U_{E\,max}$	⋮ i_M	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Ca și tabela 1, tabela 2 este o tabelă numerică. In această tabelă literele : i, i_m, Δt și t reprezintă aceleași mărimi arătate și în tabela 1, numai că Δt se determină pe baza formulei (10).

Pe baza acestei tabele, se reprezintă grafic : $U_E = f(t)$ care este curba creșterii excitației în funcție de timp la o mașină autoexcitată.

In figura 4 se arată forma acestei curbe.

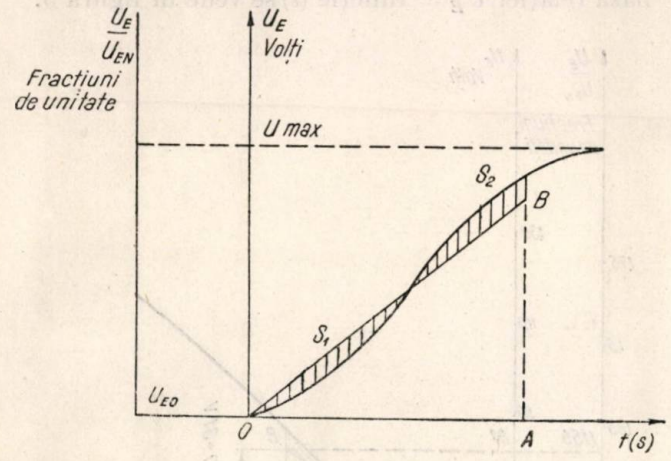


Fig. 4.

Valorile tensiunii U_E din coloana 1 a tabelei 2 se vor lua astfel : se va începe cu $U_{E0} < U_{EN}$, unde U_{E0} = tensiunea la inelele alternatorului când forța electromotoare a excitatricei este cea nominală : U_{EN} ; apoi se vor lua valorile mai mari, trecând dela o valoare la alta în trepte de (4÷6%) U_{EN}. Se va ajunge cu valoarea lui U_E până la $U_{E\,Max}$ care este valoarea maximă posibilă a tensiunii la bornele excitatricei (această valoare este ordonata punctului de intersecție a caracteristicei la mersul în gol $U_E = f(i)$ cu dreapta $U_E = ri$, r fiind rezistența bobinajului inductor al mașinii). Tensiunea $U_{E\,Max}$ se obține la bornele excitatricei când se scurtcircuitează reostatul din circuitul de câmp.

Motivul pentru care este de dorit să se înceapă curba dela U_{E0} și nu dela zero este faptul că interesează de multe ori viteza de creștere a excitației dela această valoare în sus.

In tabela 2 în apropiere de U_{EMax} se vor lua trepte mai mici ca la început. Se recomandă a se lua aceste trepte în limitele de (2÷2,5%) U_{EN}. In felul acesta se va putea construi o curbă ca cea din figura 4 având puncte cât mai uniform depărtate între ele.

In proiectele excitatricelor autoexcitate se face deobicei numai studiul și reprezentarea grafică a creșterii excitației în raport cu timpul. Problema curbei de stingere a excitației în general nu se mai pune. Dacă însă se dorește a se trasa și aceste curbe, procedeul este același cu cel arătat pentru cazul excitatricei cu excitație separată.

Calculul vitezei de creștere a excitației constitue o verificare a datelor mașinii ; de aceea acest calcul se face pe baza caracteristicilor electrice ale excitatricei, trecute în fișa de calcul.

Calculul se face pe baza formulelor indicate mai sus și a tabelei numerice. Folosindu-ne de tabelă construim curba de viteză a excitației din care se deduce — așa cum s'a arătat — viteza v de creștere, sau stingere a excitației în unități relative (1/sec).

Dacă valoarea lui v nu satisface condițiile cerute de STAS 1893—50 [vezi relația (1)—(2)] se vor modifica datele electrice ale mașinii. Pentru aceasta este suficient a se observa formulele (7) și (8) care dau creșterea Δt. Se vede că cel mai ușor mijloc de a obține o reducere a lui Δt este micșorarea numărului de spire „n" al inductorului, cu care Δt este direct proporțional. Această reducere se va face evident cu mărirea secțiunii conductorului bobinajului inductor pentru a mări totdeodată și pe i spre a putea păstra valoarea forței magnetomotoare — ni — constant egală cu cea necesară generării fluxului φ_A. Mărirea lui i aduce o nouă contribuție la micșorarea lui Δt așa cum arată relațiile (7) și (8). Prin aceasta se constată că în fond s'a mărit puterea absorbită de bobinajul inductor.

Micșorarea numărului de spire, simultan cu mărirea secțiunii conductorului bobinajului inductor este deci un mijloc foarte eficace de a mări sensibilitatea de reglaj a excitatricei.

Pentru a aduce viteza de stingere a excitatricei la o valoare dorită cel mai simplu este a se acționa asupra valorii rezistenței R în sensul cerut de relația (8).

De obicei la excitatricele alternatorilor interesează viteza de creștere a excitației deasupra valorii nominale a tensiunii la borne U_{EN} a excitatricei. Aceasta servește la stabilirea timpului în care se poate crește tensiunea excitației dela valoarea nominală U_{EN} la valoarea maximă $U_{E\,Max}$, atunci când sarcina rețelei a fost crescută brusc. De aceea se va da un exemplu de calcul a vitezei de creștere a excitației la o excitatrice cu următoarele date :

$P = 63$ kW

$U_{EN} = 70$ V

$2_p = 6$ poli

autoexcitația în derivație

$\sigma = 1{,}2$ (constant)

Turația = 500 rot/min

$\varphi_{aN} = 2{,}42 \cdot 10^6$ Maxwell

$r = 1{,}05$ ohmi (la rece, adică $T^0 = 15^0$C).

Numărul de spire pe toți poli bobinajului inductor $n = 240 \times 6$,

sau : $n = 1440$ spire.

$U_{E0} = 50$ volți (tensiunea la inelele sistemului inductor al alternatorului.

Se face tabela numerică :

Tabela 3

U_E Volți	i amperi	ΔU_E Volți	i_m amperi	U_{Em} Volți	Δt secunde	t secunde
1	2	3	4	5	6	7
50	15,4	—	—	—	—	—
55	17,2	5	16,3	52,5	0,085	0,085
60	19	5	18,1	57,5	0,078	0,163
65	20,6	5	19,8	62,5	0,072	0,235
70	22,7	5	21,65	67,5	0,067	0,302
75	24,8	5	23,75	72,5	0,063	0,365
80	26,5	5	25,65	77,5	0,060	0,425
85	28,8	5	27,65	82,5	0,055	0,480
90	31,1	5	29,45	87,5	0,053	0,533
95	33,8	5	32,45	92,5	0,052	0,585
100	37,1	5	35,45	97,5	0,050	0,635
105	41,6	5	39,35	102,5	0,049	0,684
108	45,8	3	43,7	106,5	0,030	0,714
110	47,9	2	46,85	109	0,020	0,734
113	52,0	3	49,95	111,5	0,031	0,765
115	55,2	2	53,6	114	0,021	0,786
118	60,8	3	58,0	116,5	0,032	0,818
120	64	2	62,4	119	0,023	0,841
123	70,8	3	67,4	121,5	0,035	0,876
125	77	2	73,8	124	0,026	0,902

In tabela 3 s'a început coloana 1 cu $U_{E0} = 50$ Volți, care reprezintă tensiunea la inelele alternatorului. Valorile coloanelor 1 și 2 s'au scos din caracteristica la mersul în gol, conform fișei de calcul a excitatricei. Coloanele 3, 4 și 5 se calculează pe baza indicațiilor arătate anterior la tabela 2. Coloana 6 se obține aplicând formula (10) și înlocuind valorile cunoscute.

Astfel:

$$\underset{(s)}{\Delta t} = \frac{1440 \cdot 1{,}2 \cdot 2{,}42 \cdot 10^6 \cdot 10^{-8}}{70} \cdot \frac{\Delta U_E}{U_{Em} - r i_m}$$

sau

$$\underset{(s)}{\Delta t} = 0{,}6 \cdot \frac{\Delta U_a}{U_{Em} - r i_m} \qquad (28)$$

Se înlocuește în (10), pe rând valorile lui ΔU_E, U_{Em} și i_m, scoase din coloanele 3, 4 și 5, știind că $r = 1{,}05$ ohmi.

Astfel se obține:

$$\Delta t_0 = 0$$

$$\Delta t_1 = 0{,}6 \cdot \frac{5}{52{,}5 - 1{,}05 \cdot 16{,}3} = 0{,}08 \text{ s}$$

$$\Delta t_2 = 0{,}6 \cdot \frac{5}{57{,}5 - 1{,}05 \cdot 18{,}1} = 0{,}078 \text{ s}.$$

Valorile lui Δt_0, Δt_1, Δt_2 și celelalte aflate pe aceiași cale sunt trecute în coloana 6 a tabelei 3.

Valorile lui t din coloana 7 a tabelei 3 se determină la fel ca în tabela 2.

Astfel se obține:

$t_0 = \Delta t_0 = 0$ s.

$t_1 = t_0 + \Delta t_1 = 0 + 0{,}085 = 0{,}085$ s.

$t_2 = t_1 + \Delta t_2 = 0{,}085 + 0{,}078 = 0{,}163$ s.

Restul valorilor se văd în tabela 3 coloana 7.

Reprezentarea grafică a datelor tabelei 3 pe baza relației U_E = funcție (t) se vede în figura 5.

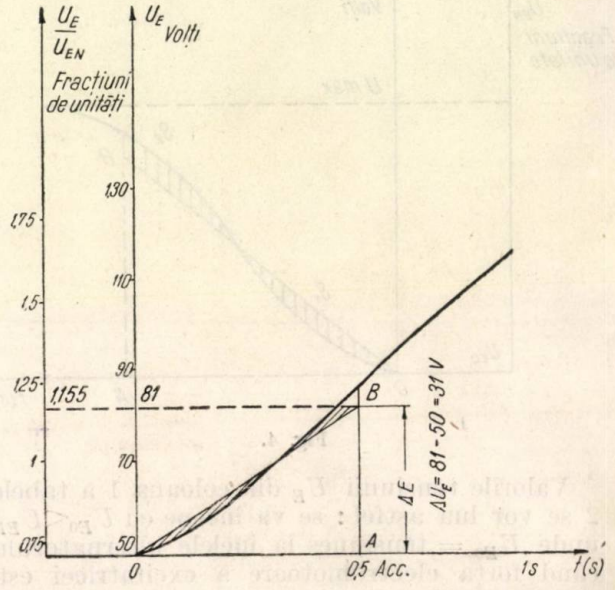


Fig. 5.

In fig. 5 se duce o paralelă la ordonată din punctul A pentru care $t = 0{,}5$ s (STAS 1893—50 impune ca viteza de excitație să fie definită pentru această valoare a timpului t).

Apoi se duce dreapta $\overline{OB}$ luată cu suficientă aproximație astfel că suprafețele hașurate să fie egale. Ordonata punctului B, $U_E = 81$ volți care corespunde la $t = 0{,}5$ s ales pe baza condițiilor cerute de STAS 1893—50.

$$v = 2 \frac{\Delta U_E}{U_{EN}} = 2 \frac{81 - 50}{70} = 0{,}885 \text{ 1/s}$$

Generatorul fiind mai mare ca 100 kVA mașina necesită o mică ajustare a primelor date de calcul.

Bibliografie

(1) STAS 1893—50.

(2) *Crug C. A.*: Bazele electrotehnicii (traducere din l. rusă), Editura Tehnică, 1952.

★

РАССЧЕТ СКОРОСТИ ВОЗБУЖДЕНИЯ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ

Резюме

Указывается необходимость исследования конструктором каждого генератора переменного тока и с точки зрения скорости возбуждения возбудителя, для соответствия наилучшим образом эксплоатационным условиям. Рассматриваются факторы влияющие на скорость возбуждения генератора переменного тока и даётся упрощенный способ расчёта усреднённой чуствительности регулирования возбудителя. Рассматривается случай возбудителя с отдельным возбуждением и случай возбудителя с паралельным возбуждением. Даётся пример рассчёта скорости возбуждения возбудителя для которого указываются характеристики.

PRINCIPII CONSTRUCTIVE ŞI DE CALCUL IN LEGĂTURA CU PROIECTAREA UNEI SERII DE TRANSFORMATORI DE PUTERE MIJLOCIE

Ing. ST. GROSU

Se analizează principiile de proiectare ale unei serii unitare de transformatori. Se pune în primul rând accentul pe siguranţa mare în exploatare, în care scop se analizează cauzele principale de defecte şi mijloacele de a le înlătura. In al doilea rând se arată sensul în care trebue deplasată linia de proiectare, spre a se obţine economii de materiale şi în special de cupru. In sfârşit se analizează posibilitatea simplificării prin proiectare a procesului de producţie. Articolul constitue sinteza unor concluzii sprijinite în cea mai mare măsură pe experienţa unor construcţii anterioare.

Clasificarea transformatorilor după puteri, în „mici" „mijlocii" şi „mari" are în general un caracter relativ. Se va considera în cele ce urmează drept serie mijlocie de puteri, cea cuprinsă între valorile 100 kVA şi 1800 kVA inclusiv.

Limita superioară s'a determinat prin aceea că peste 1800 kVA, transformatorii suferă din punct de vedere al utilizării şi construcţiei modificări, care ar putea fi interpretate ca un salt calitativ. Astfel: pentru puteri mai mari tensiunile joase sunt $\geqslant 3$ kV iar cele. înalte pot depăşi 35 kV; treptele de tensiune sunt de obicei > 3; răcirea se face de multe ori prin radiatoare demontabile; căruciorul de transport este prevăzut cu roţi pentru gabaritul normal C.F.R.; numărul maşinilor fabricate este mai redus astfel că producţia lor pierde caracterul de serie; depăşesc limitele unui anumit STAS (1703—50).

In ceeace priveşte treapta inferioară, s'a ales 100 kVA deoarece puteri mai mici nu sunt de obicei cerute decât pentru transformatori rurali, care la rândul lor au caracter special.

In privinţa succedării termenilor seriei s'a ales dintre puterile cuprinse în STAS (440—49) pe cele ce corespund seriei sovietice: 100—180—320—560—1000—1800. La acestea s'au mai adăogat 240 kVA, 420 kVA şi 750 kVA (deasemeni prevăzute în STAS) care nu pot fi deocamdată omise (în special primele două) atât din cauza numărului mare de cereri cât şi din cauza posturilor de transformare existente, corespunzătoare acestor gabarite. La aceste puteri însă nu se construesc decât variantele cu tensiuni avute în număr mare.

Seria proiectată va avea deci următoarele puteri: 100 kVA, 180 kVA, 240 kVA, 420 kVA, 560 kVA, 750 kVA, 1000 kVA şi 1800 kVA.

Tabela 1

Distanţele minime de izolaţie (mm)

Tensiunea kV	Primar-secundar	Intre coloane	Bobinaj jug	Puncte sub tensiune-cuva
6	10	10	20	20
15	13	14	30	30
25	20	20	45	40
35	27	27	60	50

Variantele de tensiune cuprinzând valori până la 35 kV inclusiv sunt cuprinse în tabela 2 *).

Proiectarea unei serii de transformatori, cu un număr atât de mare de variante, alese astfel încât să acopere totalitatea cererilor uzuale în această gamă, ridică o serie de probleme, a căror rezolvare justă constitue o importantă contribuţie la opera de industrializare a ţării.

In ordine problemele sunt: să se realizeze transformatori:

— cu siguranţă cât mai mare în exploatare;

— cu materiale (în special cupru) cât mai puţine;

— cu posibilităţi ca procedeele tehnologice să fie astfel încât fabrica să poată realiza în condiţii date de oameni şi utilaj o producţie cât mai mare;

— uşor transportabili;

— cu dimensiuni mici;

— estetici.

Problemele de mai sus sunt evident valabile pentru orice fel de maşină electrică. Ceeace constitue în această privinţă o posibilitate de diferenţiere, este nu numai ordinea problemelor ci şi mărimea importanţei lor.

Mai mult ca la celelalte maşini, siguranţa în exploatare depăşeşte la transformatori cu mult toate celelalte probleme. Deoarece argumentele în legătură cu această afirmaţie au un caracter de analiză cantitativă şi deci de desvoltare mai amplă, nu se va mai insista asupra lor.

Este suficient a se arăta că pe acest punct de vedere s'au situat constructorii sovietici, care au reuşit să producă transformatori la care în mod statistic procentul de defecte este cu mult mai redus decât al construcţiilor străine, dintre care unele cu mare experienţă şi renume.

A. SIGURANŢĂ DE FUNCŢIONARE

Trecând la analiza modului în care se realizează transformatorii cu mare siguranţă de funcţionare, statistica ne arată că marea majoritate a defectelor s'a produs nu din cauza unei subdimensionări a construcţiilor, ci din cauza unor elemente care, ca materiale sau ca

*) După cum se va vedea mai târziu pe construcţiile acestei serii (în număr de 18) se pot realiza şi alte variante de tensiune decât cele trecute în tabela 1.

manoperă, constitue părți neînsemnate în ansamblul transformatorului.

Această constatare foarte importantă ne arată că siguranța mare în exploatare se poate realiza proiectând o serie nouă de transformatori, care totuși să realizeze față de cei existenți și economii de materiale.

Deci atenția cea mai mare trebue îndreptată chiar dela început asupra „detaliilor" care constitue sursele cele mai importante de defecte.

Acestea sunt;

1. *Comutatorii.* Problema se rezolvă folosind principiile de construcții ale comutatorilor sovietici, caracterizați prin contacte sigure (fig. 1)

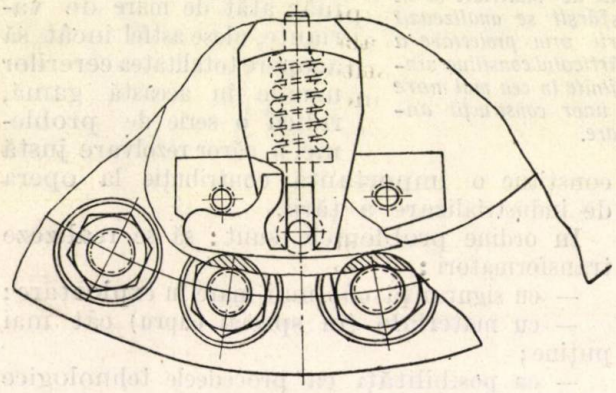


Fig. 1. Principiul constructiv al contactelor dela comutatorii sovietici.

și execuție relativ simplă. Dimensiunile lor vor trebui însă revăzute, față de cele sovietice, ținându-se seama de materiale și în special de calitatea pertinaxului; pentru a nu fi conduși la dimensiuni prea mari, va trebui să se conteze pe un control riguros și pe încercări înainte de montare.

2. *Legăturile.* Pericolul cel mare de străpungere provine în general nu din faptul că spațiul pentru legături este mic ci dintr'o consolidare și tratare insuficientă a acestei părți importante a transformatorului. Din această cauză proiectul transformatorului trebue să conțină desene de legături bine studiate, precise, cu cote ușor controlabile. Controlul va trebui educat în această privință și înzestrat cu posibilități de măsură, dealtfel foarte simple.

Legăturile trebue să nu prezinte regiuni care se pot rupe prin trepidații. Procesul tehnologic trebue să interzică operațiile care slăbesc firele prin îndoiri repetate.

3. *Consolidarea mecanică.* Transformatorii — cu toate instrucțiunile privind transportul — sunt supuși la trepidații și șocuri mecanice în special în regiunile petrolifere. Din această cauză ei trebue bine fixați astfel ca posibilitatea de a oscila să fie cât mai redusă.

Printre măsurile practice în legătură cu această problemă este aceea a ghidării miezului de fund. O atenție deosebită trebue dată tiranților sudați la capac. Se constată că sudurile pe capac, gâtuesc tirantul în locul sudurii, astfel că acesta se rupe la îndoirile succesive care apar în timpul transportului. O supradimensionare a tirantului în general nu duce la rezultate practice. O soluție mai bună este consolidarea tirantului printr'o aripioară la capac, cu o sudură în lung asociată cu ghidarea miezului pe fund. Soluția cea mai bună o constitue însă cea clasică (fig. 2) a trecerii tiranților prin

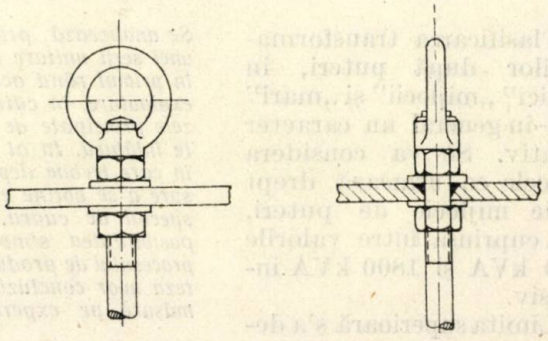


Fig. 2. Modul de trecere al tiranților prin capac.

capac, cu etanșarea prin garnitură, cu ochiuri de ridicare matrițate, soluție care permite așezarea corectă a miezului pe fund și care cu toate greutățile de execuție, va trebui realizată.

4. *Izolatorii.* Se renunță total la izolatorii cu flanșe și prindere prin chit, trecându-se atât la tensiunea joasă cât și la cea înaltă la izolatorii etanșați numai prin garnituri și deci fără chit. Argumentele în favoarea acestei soluții sunt: procesul tehnologic destul de complicat

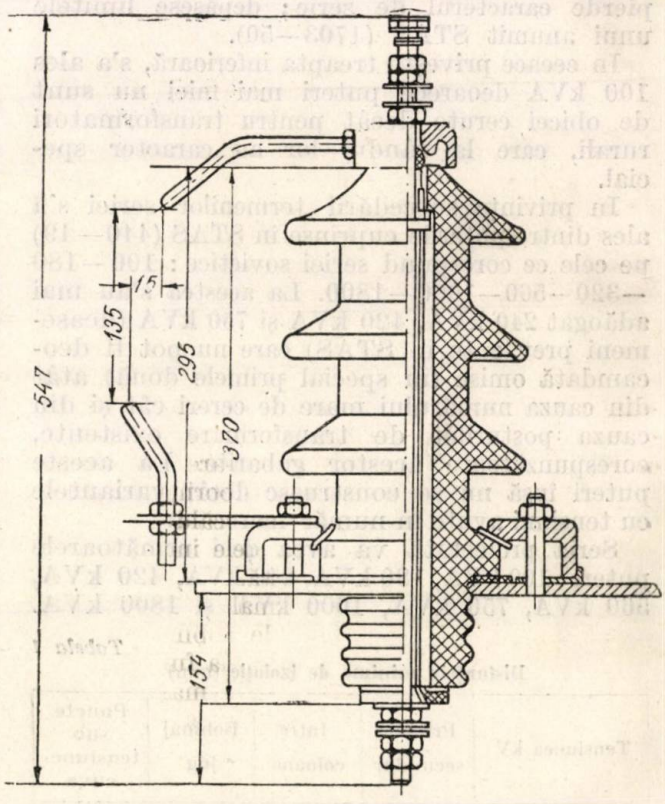


Fig. 3. Izolatori de tensiune înaltă etanșați prin garnituri.

și rezultatele nesigure ale etanșării cu chitul litargă-glicerină; pericolul intoxicării cu plumb al muncitorilor care lucrează cu acest chit.

Izolatorii de I. T. sunt astfel armați încât să permită schimbarea izolatorului spart fără decuvare (fig. 3).

Tot în legătură cu izolatorii s'a constatat că bornele nu trebue dimensionate numai pe considerente electrice, ci și mecanice. Astfel la izolatorii de tensiune înaltă, deși din punct de vedere electric o bornă de alamă de M 12 poate fi suficientă, din punct de vedere mecanic, trebue să fie mai groasă. S'a trecut la dimensiunea imediat standardizată M 16 ținând seamă că surplusul de material este neînsemnat față de rezultatele obținute.

In privința materialului de bornă, când procedeele tehnologice de protejare contra oxidării vor fi sigure, va trebui să se treacă — atunci când condițiile electrice o permit — la borne de oțel.

5. *Nivela de ulei.* Funcționarea defectuoasă a nivelului de ulei poate duce la defecte grave. Astfel trebue luate măsuri contra înfundării acesteia, atât în ceeace privește proiectarea, cât și în privința controlului, în sensul că se vor face instrucțiuni, de modul în care se controlează funcționarea nivelei. S'au întâmplat cazuri, când nivela indica ulei în conservator, contrar realității, iar din lipsa releului Bucholz defectul nu a fost semnalat; transformatorul funcționând cu ulei sub nivelul superior al țevilor de răcire, s'a supraîncălzit și defectat, sau a străpuns.

6. *Borna de pământ.* Bornele uzuale au un filet M 8. Acesta s'a dovedit insuficient din punct de vedere mecanic. S'a trecut la M 12.

Deoarece borna de pământ trebue să ofere posibilitatea unui contact perfect cu bara de legătură la priza de pământ, este important ca ea să fie acoperită cu un strat inoxidabil. Acest lucru se realizează prin zincare, cadmiere, etc.

Se constată însă că există pericolul ca borna de pământ care a fost zincată sau cadmiată, să piardă stratul protector prin evaporare, atunci când se sudează la cuvă.

Deaceea este necesar, ca borna să fie astfel construită, încât să se poată împiedica în timpul sudării ridicarea temperaturii suprafețelor ce trebue să fie inoxidabile, peste temperatura de evaporare a metalelor protectoare.

Aceasta se poate realiza dând bornei o astfel de formă încât transmiterea căldurii dela punctele de sudură, la suprafețele inoxidabile, să fie pe cât posibil micșorată.

7. *Bobinajele.* In mod normal ar fi trebuit să ne ocupăm la primul punct de bobinaje, dată fiind marea lor importanță în buna funcționare a transformatorilor. Am arătat mai înainte motivele pentru care am făcut această inversare.

Concluziile generale la bobinaje, în ceeace privește siguranța izolației, sunt următoarele: Distanțele folosite până în prezent sunt suficiente atât între înfășurări cât și între acestea și masă. Nu este prudent deocamdată de a le micșora, deși lucrul pare posibil, deoarece execuția uneori neîngrijită, cât mai ales izolația conductorilor mai groasă decât cea prevăzută în STAS, ne obligă a avea o rezervă de spațiu. In tabela 1 sunt date aceste distanțe. Aceste distanțe nu au o valabilitate generală, ci corespund numai unui anumit sistem de izolație. Lipsa de proporționalitate dintre distanțe și tensiuni este datorită unor motive constructive.

In privința cilindrilor izolanți între înfășurări, sau între înfășurări și coloană, s'a ajuns la concluzia că aceștia chiar dacă sunt de prespan subțire (1...2 mm) și nebachelizat au o eficacitate destul de mare, deoarece separă izolația principală (uleiul) în două regiuni, împiedicând astfel străpungerea prin lanțuri de impurități.

O concluzie generală importantă este că prespanul în ulei constitue un izolament eficace, chiar când uleiul înconjurător a mai pierdut din calități. Din aceste cauze, ecranele izolante subțiri, s'au menținut chiar la 6 kV. Deasemenea se folosesc în mod frecvent paravane între faze.

Nu este cazul a insista mai mult asupra acestui subiect destul de important, deoarece ne-am propus a trece în revistă ansamblul problemelor dela transformatori.

O concluzie generală este și aici, aceea că atenția cea mai mare trebue îndreptată asupra detaliilor de izolație și asupra execuției îngrijite.

8. *Miezul* se va face cu tole izolate cu hârtie, procedeele tehnologice de izolare cu lac nefiind deocamdată puse la punct pentru a asigura o siguranță suficientă în funcționare.

Atenția trebue îndreptată în special asupra izolării buloanelor.

9. Tot în legătură cu siguranța de funcționare sunt acele măsuri luate de proiectant, ca *întreținerea transformatorului* să se facă ușor. Printre măsurile de întreținere importante sunt cele în legătură cu controlul și recondiționarea uleiului, conform prescripțiilor de exploatare.

In legătură cu aceasta s'au prevăzut următoarele detalii constructive;

— s'au introdus înafară de robinetul de scurgere dispozitive speciale de luat probe;

— s'au introdus pe capace robinete pentru a permite recondiționarea uleiului în circuit închis;

— pentru mărirea eficacității conservatorului s'a introdus un dispozitiv permițând scurgerea apei care eventual s'ar aduna la fundul conservatorului, fără demontarea acestuia.

10. *Durata vieții transformatorului.* Tot în legătură cu siguranța mare de funcționare, se pune și problema timpului în care se va prelungi această siguranță, cu alte cuvinte problema lungimii vieții transformatorului.

Subiectul acesta, foarte important, ar necesita pentru a fi studiat statistici numeroase, studii amănunțite și experiențe acumulate în decursul multor ani de lucru.

In lipsa acestora se vor descrie soluțiile clasice:

a) încălzirile diferitelor părți componente ale transformatorului să nu depășească anumite

limite de temperatură (cele din STAS 1703—50 dealtfel obligatorii).

b) se folosesc numai materiale izolante, a căror rezistență la îmbătrânire este în general cunoscută: bumbac, preșpan, hârtie, pertinax, lacuri sigure.

c) se asigură montajul împotriva deșurubării cauzate de trepidații prin ; chernerire, rondele Grower, piulițe duble (după împrejurări).

B. ECONOMII DE MATERIALE

Economiile de materiale și în special de cupru, au condus la proiectarea de transformatori cu fierul mărit, deci cu un număr de spire mai mic — pentru o tensiune dată. Fără a intra într'o analiză a situației se va arăta că spre exemplu s'a trecut la transformatorul de 1000 kVA 15/0,4 dela un ∅ coloană de 255 mm cu 5 trepte, la un ∅ de 265 mm cu 6 trepte și cu 13,6 V/spiră. La alte construcții creșterea fierului este și mai mare.

Numărul de buloane s'a micșorat, dimensiunile lor s'au micșorat și s'a împins principiul înfășurării coloanei cu chingă până la transformatori de 560 kVA 15 kV.

La întreaga serie inducțiile maxime în coloană nu depășesc 14.500. In juguri sunt cu circa 10% mai mici. Din motive tehnologice, numărul treptelor din coloană nu depășește 6.

Mărirea fierului a condus la economii importante de cupru, care depășesc cu mult sporul de preț datorită majorării fierului. S'a mers cu densități sensibil mai mari în cupru (peste 4 A/mm^2) atât pentru faptul că cifra indicată de STAS pentru pierderi în cupru o permite, cât și prin faptul că din încercările făcute cu transformatorii existenți s'a stabilit că sub aspectul încălzirii se poate merge mai sus.

In linii mari se poate spune că s'a mărit diferența de temperatură dintre cupru și ulei și s'a micșorat diferența de temperatură între ulei și mediul ambiant exagerându-se suprafața de răcire.

Tot pentru economii de materiale (în special de ulei) s'a introdus în unele cazuri principiul constructiv al strângerii jugului cu grinzi de lemn și al penelor de lemn între înfășurări.

Introducerea lemnului s'ar putea face cu următoarele precauții: puterea limită superioară pentru folosirea lemnului ca element mecanic de construcție este 560 kVA inclusiv, iar tensiunea limită 15 kV inclusiv. Folosirea lemnului ca material izolant, se face numai până la 6 kV inclusiv.

Motivele acestor delimitări nu pot fi analizate aici din lipsă de spațiu. In general folosirea lemnului nu este rentabilă decât pentru o serie mare, date fiind greutățile în legătură cu instalațiile pentru o bună deshidratare.

C. SIMPLIFICAREA PROCESULUI TEHNOLOGIC

Problema de a realiza o producție cât mai mare, de bună calitate, cu un număr anumit de oameni și cu un anumit utilaj, reprezintă un capitol a cărui importanță poate părea mai mică la prima vedere. Aceasta din următoarele motive: analiza de preț conduce la ideia că rolul materialelor este preponderent în valoarea unui transformator. Deci s'ar părea că nu trebue făcute simplificări în legătură cu reducerea manoperei atunci când acestea duc la un spor de materiale. Concluziile bazate numai pe analiza de preț nu sunt însă cele reale, deoarece de foarte multe ori se pune problema realizării unei producții absolut necesare planului general al țării, cu posibilități de producție limitate în oameni și utilaje.

In acest caz proiectantul trebue să intervină cu soluții care simplifică producția și procesele anexe, chiar în ipoteza unor sporuri nu prea însemnate de materiale. Una din soluțiile eficace de acest gen este micșorarea numărului de tipuri de produse. Micșorarea numărului de tipuri contribue în general și la sporirea calității.

Nu se va face o analiză amănunțită a acestor principii ci se va mărgini a aduce un argument în aceea că standardizarea limitează numărul de tipuri de produse, deși din punct de vedere al economiei de materiale, numărul lor ar trebui să fie cât mai mare.

Concret la transformatori problema se pune în felul următor: pentru a proiecta transformatorul cu material cât mai puțin, ar trebui ca pentru fiecare tensiune, să se facă câte o construcție aparte. Pentru motive de simplificare a producției, ar trebui ca numărul acestor construcții să fie cât mai mic și să varieze dela o construcție la alta numai bobinajul.

Soluția care se poate considera optimă este următoarea: pentru fiecare putere până la 180 kVA inclusiv se fac trei construcții mecanice (una pentru tensiuni până la 6 kV inclusiv, una pentru tensiuni până la 15 kV inclusiv și una pentru tensiuni până la 35 kV inclusiv); pentru restul construcțiilor până la 1800 kVA inclusiv se fac câte două construcții (una pentru tensiuni până la 15 kV inclusiv și una pentru tensiuni până la 35 kV inclusiv). Excepție dela acest principiu ar putea face construcțiile pentru 240 kVA, 420 kVA unde se prevăd construcții speciale pentru 6 kV. Motivul acestor excepții constă în numărul mare al acestor transformatori. O altă excepție o constitue transformatorul 240 kVA care pentru 15 kV folosește construcțiile pentru 15 kV și 35 kV ale puterii 180 kVA.

La 750 kVA s'a prevăzut o singură variantă (6 kV) urmând ca pentru tensiuni mai mari să se folosească puterea de 1000 kVA. Excepțiile privesc deci numai puterile din afara seriei normale (sovietice).

In aceste condițiuni întreaga gamă de transformatori poate fi asigurată prin 18 construcții, numerotate dela 1 la 18 (tabela 2).

Se înțelege că doi transformatori aparțin unei aceleiași construcții atunci când nu diferă decât prin bobinaj, legături și izolatori.

Toți transformatorii sunt de tip exterior, socotind că diferențele de preț sunt prea mici între tipul interior și exterior, față de avantajul

Tabela 2

TRANSFORMATORI DE PUTERE TRIFAZICI IN ULEI (SERIA MIJLOCIE)

Nr. crt.	Putere kVA	Tensiunea KV		Trepte de reglaj ± %	Tensiunea de scurtcircuit UK %	Conexiv	Număr constr.	Observaţiuni
		Primar U. P.	Secundar U. S.					
1	100	6 (3)	0,4	5	5,5	DY05	1	
2	100	15	0,4	5	5,5	DY05	2	
3	100	25	0,4	5	6	YY012	3	
4	100	35	0,4	5	6,5	YY012	3	
5	180	6 (5)	0,4 (0,2)	5	5,5	DY05	4	
6	180	15	0,4	5	5,5	DY05	5	
7	180	25	0,4	5	6	YY012	6	
8	180	35	0,4	5	6,5	YY012	6	
9	240	6 (5) (3)	0,4 (0,2)	5	5,5	DY05	7	
10	240	10	0,4	5	5.5	DY05	5	
11	240	15	0,4	5	5,5	DY05	5	
12	240	25	0,4	5	6	YY012	6	
13	240	25	2 × 0,56	5	6	YY012	6	
14	320	6 (3)	0,4	5	5,5	DY05	8	
15	320	15	0,4	5	5,5	DY05	8	
16	320	35	0,4	5	6,5	YY012	9	
17	420	6 (5) (3)	0,4 (0,2)	5	5,5	DY05	10	
18	420	6 (3)	2 × 0,525	5	5,5	DY05	10	
19	420	10	0,4	5	5,5	DY05	11	
20	420	15	0,4	5	5,5	DY05	11	
21	560	6	0,4	5	5,5	DY05	12	
22	560	15	0,4	5	5,5	DY05	12	
23	560	15	2 × 0,56	5	5,5	YOY012	12	
24	560	25	0,4	5	5,5	YY012	13	
25	560	25	2 × 0,56	5	6	YY012	13	
26	560	25	6,3	5	6	YY012	13	
27	560	35	0,4	5	6,5	YY012	13	
28	750	6 (3)	0,4	5	5,5	DY05	14	
29	1000	6 (3)	0,4	5	5,5	DY05	15	
30	1000	6 (3)	2 × 0,525	5	5,5	DY05	15	
31	1000	10	0,525	5	5,5	DY05	15	
32	1000	15	0,4	5	5,5	DY05	15	
33	1000	15	0,525	5	5,5	YOY012	15	
34	1000	25	2 × 0,56	5	6	YOY012	16	
35	1000	25	6,3	5	6	YOY012	16	
36	1000	35	0,4	5	6,5	YOY012	16	
37	1000	35	6,3	5	6,5	YOY012	16	
38	1800	6	2 × 525	5	5,5	DY05	17	
39	1800	15	2 × 525	5	5,5	DY05	17	
40	1800	15	6,3	5	5,5	YOY012	18	
41	1800	25	2×525	5	6	YOY012	18	
42	1800	35	6,3	5	6,5	YOY012	18	

de a-i putea folosi în viitor în orice împrejurare.

Atunci când mijloacele o vor permite, seria va fi complectată în ordinea urgenței cu tipuri constructive mai multe, construcțiile actuale rămânând valabile pentru transformatorii cu tensiunea maximă.

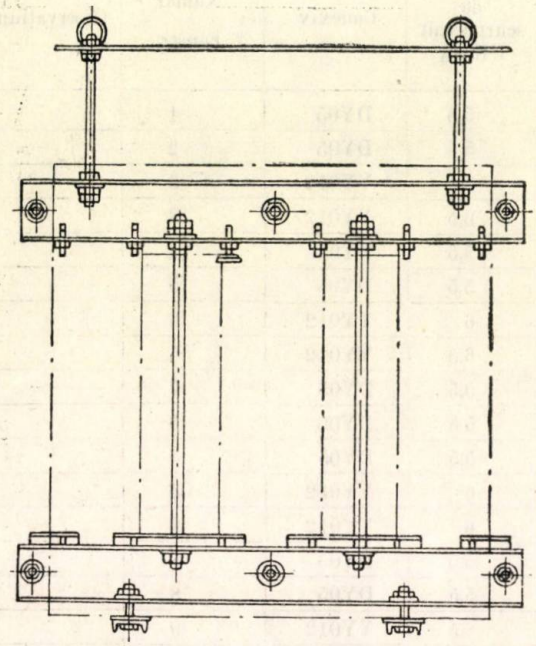


Fig. 4. Schela transformatorilor mari.

Tot în legătură cu simplificarea procedeelor tehnologice, se introduc și grinzile de lemn pentru strângerea jugurilor (s'a arătat că introducerea lemnului constitue și un mijloc de a economisi materialele).

Introducerea lemnului simplifică construcția schelei și a legăturilor.

Strângerea bobinelor se face cu ajutorul deplasării grinzilor de lemn cu ajutorul tiranților. Soluția este foarte potrivită în special în cazul transformatorilor mici; grinzile de lemn se pot tăia la orice dimensiune, așa că nu mai este cazul folosirii de piese intermediare de egalizare, sau de buloane de presare ca în cazul schelei cu strângerea jugului prin fiare U (fig. 4).

La transformatori mari însă soluția din figura 4 s'a păstrat, deoarece reprezintă o construcție mai robustă și avantajul egalizării presiunilor pe fiecare coloană.

In privința strângerii jugului, atât în cazul grinzilor de lemn cât și al grinzilor de fier soluția este: un bulon la mijloc străbătând jugul și două laterale în afara jugului.

In privința construcției miezului se pot preciza următoarele: numărul treptelor în coloane este limitat la 6 iar în jug la 3.

Nu se fac canale de răcire prin miez.

In privința racordului la conservator, se folosește construcția din fig. 5, care prezintă avantajul înlocuirii mufelor olandeze, printr'o soluție mai ieftină și la care etanșarea se face mai ușor.

Racordurile conservator-cuvă cu două coturi curbe prezintă avantagii atât în ceeace privește simplificarea construcției, cât și în ceeace privește calitatea transformatorului.

In privința sistemului de răcire, se păstrează răcirea cu țevi. Sunt în general suficient de cunoscute argumentele în favoarea răcirii cu țevi față de cea cu ondule, pentru a reveni asupra lor. Numărul maxim de rânduri de țevi nu trebue să treacă de 4 (pentru construcțiile 1000 kVA și 1800 kVA). Incercările făcute au condus la rezultatul că pentru folosirea a numai 3 rânduri de țevi ar fi fost nevoie de cuve mai mari. Țeava ce ar trebui folosită este de 40/2. Cuvele sunt cu marginile laterale rotunde. S'a socotit că avantagiile acestui fel de cuvă față de cel dreptunghiular este evident (atât în privința economiilor de material, cât și prin posibilitățile mai mari de răcire — prin resfirarea țevilor în regiunea curbă) încât să compenseze eventualele avantagii tehnologice ale cuvei pătrate. Pentru transformatorii din afara seriei (mai mici) se pare că cuvele dreptunghiulare devin mai avantajoase.

D. Posibilitățile de transport și manevră

Nu ridică în general probleme speciale la transformatorii din această serie, așa că nu se va insista asupra lor.

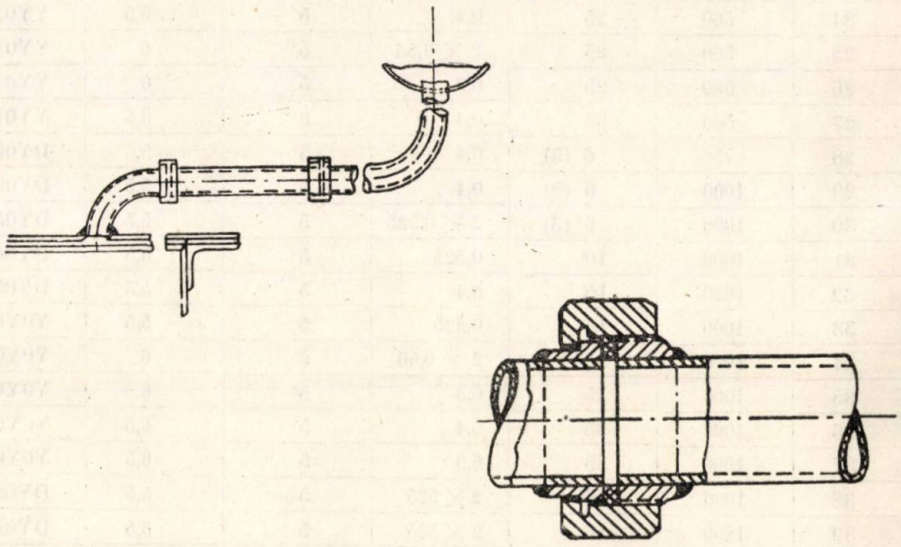


Fig. 5. Modelul nou de mufe pentru montarea releului cu gaze.

E. In ceeace privește **reducerea gabaritului** măsurile de proiectare se pot mărgini la o, interpretare justă a necesităților de izolare pentru a nu exagera distanțele.

F. **Estetica transformatorilor** deşi de mai mică importanţă totuşi nu trebue neglijată deoarece o maşină estetică înfrumuseţează locul de muncă acolo unde funcţionează şi sporeşte încrederea oamenilor în puterea creatoare a industriei noastre.

In general, cuva semirotundă şi cu ţevi reprezintă o linie suficient de estetică. La fel şi racordul curb la conservator.

CONCLUZII

In concluzie se consideră că o serie nouă de transformatori făcuţi pe baza acestor puncte inspirate în mare măsură din tehnica sovietică va constitui un progres atât în ceeace priveşte calitatea, cât şi în ceeace priveşte preţul de cost.

★

КОНСТРУКТИВНЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ ПРИНЦИПЫ В СВЯЗИ С ПРОЕКТИРОВАНИЕМ СЕРИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

Резюме

Производится анализ принципов проектирования единой серии трансформаторов.

В первую очередь уделяется внимание эксплоатационной надежности, для чего проводится анализ основных причин неполадок и способы их удаления.

Во вторых указывается направление в котором должна быть сдвинута проектная линия, для экономии материалов и в особености меди.

Под конец даётся анализ возможности упрощения производственного процесса посредством проектирования.

Статья представляет собой синтез выводов основанных большей частью на опыте предшедствующих конструкций.

PRIZA DE PĂMÂNT IN INSTALAŢIILE DE AUDIOFRECVENŢĂ

Ing. A. IONESCU şi *Ing. M. GRUMĂZESCU*

In vederea executării corecte a montajului diferitelor instalaţii electroacustice, punerea la pământ a aparatajului şi cablajului aferent constitue o preocupare principală. Articolul de faţă tratează teoretic şi practic problema, arătând folosirea celor două categorii de prize de pământ: de lucru şi de protecţie. *Prin utilizarea judicioasă a acestor prize de pământ se realizează pe de o parte înlăturarea sgomotelor şi suprapunerii de programe, iar pe de altă parte se asigură o protecţie a personalului de exploatare şi întreţinere contra tensiunilor periculoase. Realizarea practică, măsurătorile obţinute şi prescripţiile indicate pentru o astfel de priză de pământ completează articolul şi constitue un ghid pentru tehnicienii care se preocupă de proiectarea şi montajul instalaţiilor electroacustice.*

In instalaţiile electroacustice destinate studiourilor de radiodifuziune şi cinematografice, laboratoarelor electroacustice şi centrelor de radioficare, o preocupare principală o constitue proiectarea şi realizarea prizelor de pământ. Consideraţiile care trebue să stea la baza proiectării unor prize de pământ în astfel de instalaţii, sunt următoarele :

a) asigurarea unei bune funcţionări a aparatajului, prin înlăturarea sgomotelor perturbatoare şi influenţei reciproce a instalaţiilor electroacustice învecinate ;

b) protejarea personalului contra tensiunilor periculoase.

Pentru satisfacerea acestor deziderate sunt necesare două categorii de prize de pământ : de lucru şi de protecţie.

La priza de lucru se conectează aparatele şi instalaţiile care trebue protejate contra influenţelor reciproce : microfoane, amplificatori, aparataj pentru înregistrare sonoră, difuzoare, etc.

La priza de protecţie se conectează toate celelalte aparate şi motoare electrice, pentru a înlătura tensiunile periculoase la atingere.

Proiectarea şi realizarea unor instalaţii electroacustice destinate studiourilor de radiodifuziune, au impus o serie de cercetări şi măsurători asupra diferitelor sisteme de prize de pământ, ale căror rezultate vor fi expuse în cele ce urmează.

Insuşirea principală a unor instalaţii de prize de pământ este de a realiza o legătură electrică perfectă între masele metalice sau anumiţi conductori şi pământ, pentru ca scurgerea curentului să se facă uşor.

Când curentul trece din electrod în solul înconjurător, energia electrică se transformă în energie calorică, a cărei valoare este dată în fiecare element de volum, de relaţia cunoscută a lui Joule-Lenz : ri^2, în care r este rezistenţa specifică de contact a metalului cu solul şi i densitatea de curent. Pentru a nu avea temperaturi ridicate, în special în cazul curenţilor puternici, trebue ca atât rezistenţa, cât şi densitatea de curent să fie cât mai mici ; în cazul în speţă, este necesar a avea o rezistenţă mai mică sau cel mult egală cu 1 ohm şi o suprafaţă de contact cu solul cât mai mare. Factorii care influenţează rezistenţa de contact a metalului cu solul, adică rezistenţa prizei de pământ, sunt ;

— rezistivitatea solului;
— forma, dimensiunile, numărul și depărtarea dintre electrozi;
— tratamentul artificial al solului.

Din analizarea fiecărui factor în parte, va rezulta forma optimă, numărul electrozilor și condițiunile de instalare.

REZISTIVITATEA SOLULUI

Rezistivitatea solului este factorul cel mai important. Această rezistivitate poate varia dela câțiva ohmi centimetri până la 10^6 ohmi centimetri, depinzând în general de:
— natura solului;
— umiditatea solului;
— temperatura corpurilor conținute în sol și repartiția lor.

1. **Natura solului** variază dela loc la loc și chiar în același loc variază cu adâncimea. De aceea, pentru a putea cunoaște constituția terenului în care se va instala priza de pământ, trebue făcut un sondaj al terenului.

Ca exemplu se arată în figura 1, straturile de roci găsite cu ocazia sondajului făcut pentru una din prizele de pământ destinate instalațiilor electroacustice de studiou.

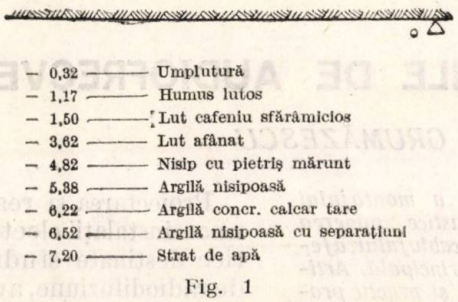


Fig. 1

Acest sondaj confirmă cele spuse mai sus și anume că solul este alcătuit din straturi de roci oarecum distincte, având fiecare o anumită rezistivitate.

In urma cercetărilor făcute, s'a constatat că rezistivitatea solului crește cu vechimea geologică a rocilor constitutive, ca urmare a micșorării volumului porilor la aceste roci.

Pentru straturile din care este constituit terenul specificat mai sus, cum și pentru alte roci, sunt date valorile rezistivității în tabela 1.

Tabela 1

Natura stratului	Rezistivitate ohmi cm
Argilă cenușie umedă	650
Argilă galbenă umedă	3 850
Argilă roșie umedă	8 800
Amestec argilă și humus umed	2 680
Nisip umed	4 500
Sist. desagregat umed	12 100

Cunoscând aceste valori și rezultatul sondajului terenului, s'a considerat în calculele ce exemplifică partea teoretică a acestui articol o valoare medie de 3000 ohmi cm pentru rezistivitatea terenului.

2. **Umiditatea solului** are o mare influență asupra eficacității prizei de pământ, datorită faptului că rezistența scade odată cu creșterea gradului de umezeală. După cum se știe, la păturile superficiale ale solului, umiditatea variază după anotimp, producând o variație periodică a rezistenței prizei de pământ, așa încât o priză foarte bună în timp normal poate deveni inutilizabilă pe timp de secetă prelungită.

In urma cercetărilor făcute, s'a constatat că rezistivitatea unui sol cu 5% umiditate, este de 435 ori mai mare decât rezistivitatea aceluiași sol, însă cu o umiditate de 34%. Acest lucru motivează necesitatea de a planta electrozii într'un teren cu o umiditate pronunțată și mai ales permanentă.

Dacă în sol există o pătură de apă reținută de un strat de teren impermeabil, deasupra ei se găsește o zonă impregnată de umiditate prin capilaritate, a cărei grosime este cuprinsă între 0,8 . . . 1 m. Mai sus se află o zonă poroasă, în care umiditatea este concentrată în jurul particulelor solide și în fine se ajunge la stratul superficial al terenului, care primește și lasă să se infiltreze precipitațiile atmosferice. Măsurătorile făcute cu prize de pământ, în curent alternativ, au arătat că rezistența prizei tubulare scade brusc atunci când ele ating zona de umiditate locală și această scădere se continuă când ele ajung în zona impregnată de umiditate.

Față de cele afirmate mai sus, în cazul terenului al cărui sondaj s'a arătat în figura 1, trebue ca priza să ajungă până în stratul de argilă, stratul superior păturii de apă, adică la o adâncime de 5,50 . . . 6 m sub nivelul terenului. In această situație, priza se găsește atât într'un teren cu umiditate suficientă, cât și într'o zonă în care variațiile umidității cu anotimpul sunt cu mult mai reduse.

3. **Influența temperaturii solului** constă în aceea că rezistivitatea solului scade atunci când temperatura crește. In urma experiențelor executate la diferite temperaturi ale solului s'a constatat că între 0°C și +30°C, scăderea

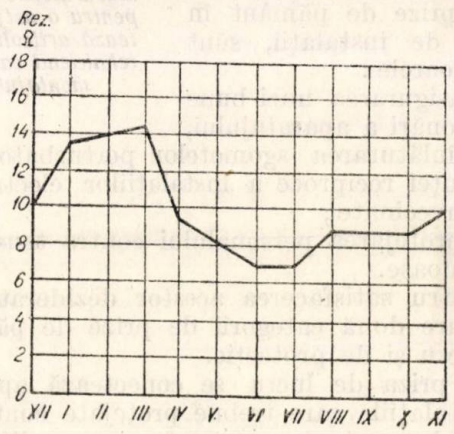


Fig. 2.

rezistivității este bruscă, după care urmează o variație lentă. In figura 2 este dată media variației rezistenței unei prize de pământ

amplasată la o adâncime de 0,5 m, în cursul unui an. Din examinarea curbei, se observă că rezistența prizei variază, ca urmare a modificării rezistivității solului, dela simplu la dublu, în intervalul 1 Martie . . .1 Iunie. Pentru a avea o rezistivitate cât mai scăzută și mai ales constantă în raport cu variațiile sezonale ale temperaturii aerului din cursul unui an, trebue ca priza să fie amplasată cât mai adânc în pământ. Adâncimea aleasă de 5,50 . . .6 m este deci favorabilă și din punct de vedere a temperaturii solului.

FORMA, DIMENSIUNILE, NUMĂRUL ȘI DEPĂRTAREA INTRE ELECTROZI

1. **Forma și dimensiunile prizei.** Până în ultimii ani, prizele de pământ aveau forma unei plăci patrate sau dreptunghiulare, de grosime variabilă (0,5 mm . . . 10 mm), introduse vertical la o anumită adâncime în pământ. Rezultatele ultimelor cercetări au arătat însă că forma optimă a prizei este cea cilindrică, având avantajul unei rezistențe mici, a unor dimensiuni reduse și necesitând o instalație ușoară.

In tabela 2 sunt date comparativ caracteristicele diferitelor tipuri de prize de pământ, din care se poate deduce superioritatea celei de formă cilindrică, față de cele patrate sau dreptunghiulare.

Comparând priza de pământ formată dintr'o placă prizmatică, de grosime foarte mică, cu cea formată din cinci tije cilindrice de diametru 2,5 cm, se constată că rezistența acesteia din urmă scade aproape de trei ori și în acelaș timp și cantitatea de cupru este redusă la jumătate.

a se face tijele pline, ci tubulare, în care caz cantitatea de metal scade apreciabil, prizele formate din electrozi tubulari devenind în același timp și foarte economice. In plus, tensiunea aplicată pentru sarcini specifice egale este minimă în cazul electrozilor tubulari.

Rezistența la contact cu solul a unei tije îngropate în pământ depinde de lungimea electrodului (l), de diametrul (d), de adâncimea la care este îngropată (h) și de poziția în care se găsește și se calculează după următoarele formule:

a) Electrodul este îngropat vertical la suprafața pământului, în situația $l > d$:

$$R = \frac{0{,}366\,\rho}{l}\left(\lg\frac{l}{d} + 0{,}602\right); \qquad (1)$$

b) Electrodul este îngropat vertical la o adâncime egală cu jumătatea lungimii sale, în situația $l > d$:

$$R = \frac{0{,}366\,\rho}{l}\left(\lg\frac{l}{d} + \frac{1}{2}\lg\frac{4h + l}{4h - l}\right); \qquad (2)$$

c) Electrodul este îngropat orizontal (țevi sau bare):

$$R = \frac{0{,}366\,\rho}{l}\left(\lg\frac{l^2}{bh} + 0{,}301\right) \qquad (3)$$

în condițiile:

$$l > \frac{b}{2} \text{ și } l > 5h$$

unde b este lățimea barei sau diametrul, în centimetri.

Tabela 2

Comparație între diferite prize de pământ

Tipul prizei de pământ	Rezistența prizei de pământ pentru $\rho = 1000$ ohmi cm	Valoarea relativă a rezistenței prizei de pământ	Suprafața laterală a electrozilor	Volumul electrozilor	Tensiunea aplicată pentru aceeași sarcină specifică la o densitate de curent de 1 A/cm²
	Ω		cm²	cm³	volți
Placa 90/90/1,25 cm având marginea superioară la 1 m în pământ	2,80	1,00	16 650	10 125	46 620
Fâșie de cupru 760/2,5/0,3 cm	1,75	0,63	4 257	560	7 450
Cinci tije cilindrice, ∅ 2,5 cm, lungime 180 cm, conectate în paralel	1,00	0,36	7 115	4 410	7 115
Idem, ∅ 5 cm	0,90	0,32	14 326	17 671	12 893

Din examinarea aceleiași tabele, în ceeace privește cantitatea de material, priza în formă de fâșie ar fi de preferat, însă după cum se va vedea mai departe, datorită efectului pelicular al curentului de frecvență audio, nu este necesar

Trebue precizat că valorile rezistenței prizelor de pământ, obținute cu ajutorul relațiilor (1), (2) și (3) sunt numai indicative, deoarece în realitate aceste rezistențe sunt afectate de o serie de factori care tind să le mărească sau

micșoreze. Astfel, neexistența între sol și electrod, pe toată suprafața lui, a unui contact intim, formarea de pelicule gazoase pe suprafața electrodului, modificările cristaline ale suprafeței electrodului pot produce modificări destul de apreciabile ale rezistenței de contact. Cu ocazia desgropării unei plăci de cupru care a servit drept priză de pământ pentru o instalație electroacustică, timp de aproximativ 15 ani s'a constatat depunerea pe întreaga suprafață a ei, a unui strat de oxid de cupru, de câteva zecimi de milimetru, care a avut ca urmare o mărire a rezistenței prizei.

In fig. 3 se arată curbele de variație a rezistenței unui electrod îngropat vertical la suprafața solului, în funcție de lungimea și diametrul cilindrului, calculate pentru $\rho = 3000$ ohmi cm.

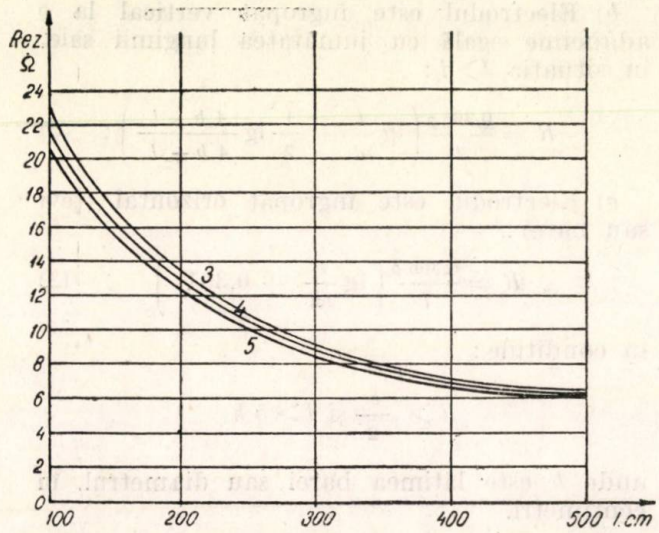


Fig. 3.

Din examinarea curbelor se constată că rezistența scade cu cât se mărește lungimea tijei și diametrul acesteia. In ambele cazuri, scăderea la început este pronunțată, după care micșorarea rezistenței se face în mod lent, așa încât mărirea exagerată a dimensiunilor prizei nu este justificată de câștigul realizat în ce privește rezistența. Dimensiunile optime ale unui electrod tubular destinat unei prize de pământ ar fi în jurul valorilor :

— pentru lungimi 300 . . . 400 cm ;
— pentru diametri 5 . . . 6 cm.

In instalația proiectată și realizată, s'a ales un electrod de o lungime $l = 350$ cm și un diametru exterior $d = 5{,}8$ cm, căruia îi corespunde în cazul plasării tijei la suprafața solului o rezistență de 7,48 ohmi. Cum însă această valoare este prea mare în vederea scopului instalației, se tinde a se aduce la valoarea optimă de 1 ohm, prin utilizarea mai multor asemenea tije montate în paralel. Materialul din care se confecționează electrozii, este cuprul sau oțelul galvanizat. Atunci când se aplică o forță electromotoare E între doi electrozi plantați în pământ, va circula un curent I, a cărui valoare este :

$$I = \frac{E}{R_E + R}, \qquad (4)$$

unde R_E este rezistența electrozilor, iar R rezistența de contact. Cum R_E este foarte redus față de R, practic se poate neglija, așa încât rezistența prizei de pământ, practic nu va depinde de natura materialului din care sunt confecționați electrozii.

2. **Numărul electrozilor.** Din experiențele făcute, s'a constatat că rezistența prizei scade cu cât se mărește numărul electrozilor. Atunci când distanța dintre doi electrozi este mai mare de 2 m și pentru un număr n de electrozi montați în paralel, rezistența totală a prizei de pământ poate fi calculată cu relația obișnuită de calcul a rezistenței echivalente mai multor rezistențe montate în paralel :

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots\ldots \frac{1}{R_n}, \qquad (5)$$

în care R_1, R_2, R_3 . . . . . R_n sunt rezistențele la contact cu solul pentru fiecare electrod în parte. Cum însă tijele se iau identice din punct de vedere teoretic, rezistențele lor vor fi egale, așa încât se poate scrie :

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \ldots\ldots \frac{1}{R} = \frac{n}{R}, \qquad (6)$$

de unde :

$$R_t = \frac{R}{n} \cdot \qquad (7)$$

Când distanța între electrozi este mai redusă, datorită influenței reciproce a țevilor una asupra celeilalte, rezistența totală a prizei de pământ este :

$$R_t = \frac{R}{n \cdot \eta} \qquad (8)$$

în care η este un coeficient de utilizare, totdeauna subunitar și care depinde de distanța dintre electrozi și de lungimea electrozilor. In calcul se poate lua $\eta = 0{,}80 \ldots 0{,}85$.

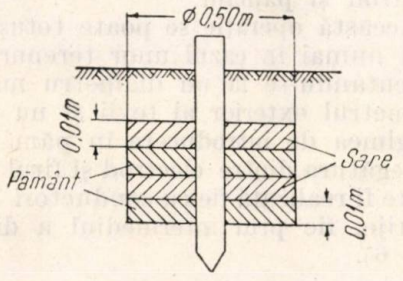
Cum rezistența prizei este recomandabil a fi în jurul valorii de 1 ohm, în instalația executată s'au plantat șase tije, făcând ca rezistența să scadă la circa 1,25 ohmi. Având în vedere faptul că rezistența scade atunci când electrodul se îngroapă până la stratul de apă, nu este necesar să se prevadă un număr mai mare de electrozi.

3. **Depărtarea între electrozi.** Construcția prizelor de pământ formate din mai mulți electrozi fiind în general costisitoare, mai ales atunci când numărul tijelor este mare, trebue să se obțină maximum de randament.

In urma calculelor făcute, confirmate de experiență, s'a constatat că acest deziderat este realizat repartizând tijele pe o suprafață cât mai mare, pentrucă în acest caz, capacitatea

mutuală dintre doi electrozi este neglijabilă și ca urmare, rezistența prizei este mai redusă. Distanța între doi electrozi alăturați se preconizează a fi de 1,8...2,0 m, iar dispunerea lor se face pe laturile unui patrat sau dreptunghi.

In instalația de priză de pământ efectuată, cele șase tije de lungime 350 cm au fost plasate pe laturile unui dreptunghi, având o depărtare de 1,80 m între electrozi. Tijele au fost introduse până la o adâncime de 7,50 m, astfel încât să se găsească în stratul de apă, pe o porțiune de 30 cm. Utilizând relația (2), rezistența unui singur electrod este de 5,82 ohmi. Considerând nulă capacitatea mutuală dintre electrozi având în vedere distanța mare dintre ei, rezultă că $\eta = 1$ și deci rezistența calculată a întregei prize este de 0,97 ohmi.



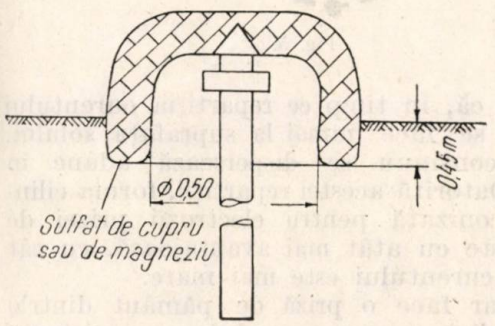


Fig. 4.

In urma măsurătorilor efectuate cu ajutorul unei punți de măsurări în curent alternativ la 1000 Hz, s'au obținut următoarele valori pentru rezistențele de contact cu solul ale celor șase electrozi : $R_1 = 2{,}62\ \Omega$; $R_2 = 4{,}12\ \Omega$; $R_3 = 3{,}88\ \Omega$; $R_4 = 3{,}45\ \Omega$; $R_5 = 3{,}38\ \Omega$ și $R_6 = 3{,}45\ \Omega$. Rezistența totală a prizei de pământ este $R_t = 0{,}57\ \Omega$. Din examinarea valorilor obținute pe bază de măsurători, se constată pe de o parte că ele variază dela electrod la electrod și pe de altă parte că sunt inferioare valorilor calculate. Diferența dintre valorile calculate și cele măsurate se datorește faptului că nu toți electrozii au avut același contact intim cu pământul și au fost implântați la adâncimi diferite, din cauza denivelării solului. Faptul că în realitate, s'au obținut valori mai mici decât cele calculate este explicabil prin aceea că s'a considerat pentru rezistivitatea solului o valoare medie de 3000 ohmi cm, neținând seama că partea inferioară a electrozilor se găsește în stratul de apă, care are o rezistivitate mult mai redusă.

TRATAMENTUL ARTIFICIAL AL SOLULUI

S'a arătat la paragraful anterior modul în care rezistivitatea solului, deci și rezistența prizei, scade cu procentul de umiditate la care se găsește solul. Udarea continuă a suprafeței, pe care este instalată priza de pământ, este o operație dificilă și neaplicabilă în perioadele de îngheț. De aceea se recomandă ca, pentru a menține un procent ridicat de umiditate în jurul electrozilor, să se facă un tratament artificial al solului.

Principiile acestui tratament constă în creearea în jurul electrodului a unui strat care să absoarbă apa infiltrată din precipitațiile atmosferice și s'o rețină un timp cât mai îndelungat. Soluțiile problemei sunt ;

1. Invelirea electrodului cu un strat de cărbune de lemn, cocs sau sgură. Este un procedeu care drenează satisfăcător umezeala, însă are desavantajul că este un tratament costisitor.

2. Invelirea electrodului cu un strat de clorură de natriu, sulfat de cupru sau clorură de calciu (fig. 4). Este o soluție economică, însă nu dă rezultate satisfăcătoare, din cauză că apa infiltrată în pământ disolvă sărurile și le antrenează în straturile inferioare ale solului.

Față de cele spuse mai sus, reese că în amplasarea unei prize de pământ se va căuta întotdeauna locul unde pătura de apă nu este la o adâncime prea mare, pentru a se evita tratarea artificială a solului care este fie costisitoare, fie neeficace. Numai atunci când locul prizei de pământ este dinainte stabilit și în acea porțiune de teren, pătura de apă este la o adâncime prea mare, se poate face tratamentul artificial al solului.

COMPORTAREA PRIZEI IN CURENT ALTERNATIV DE AUDIOFRECVENTĂ

Propagarea curentului alternativ de audiofrecvență printr'un conductor sau prin pământ este cu totul diferită de propagarea curentului continuu.

Se știe că atunci când un curent alternativ de frecvență audio sau radio circulă printr'un conductor masiv, totul se petrece ca și cum trecerea curentului ar fi localizată în regiunile vecine suprafeței. Este ceeace se numește efectul pelicular. Datorită acestei proprietăți, tija ce servește de electrod nu trebue să fie masivă, ci tubulară, realizându-se în acest caz o economie apreciabilă de material. Efectul pelicular se observă și în propagarea curentului alternativ prin pământ.

Faptul de a substitui curentul alternativ de frecvență destul de ridicată cu curentul continuu are ca efect de a provoca o concentrație de curent în vecinătatea electrodului.

Dacă se face o secțiune verticală prin doi electrozi sferici, plasați în pământ la adâncimi diferite (A și B), se constată că, în cazul curentului alternativ, densitatea de curent în punctul A este cu mult mai mare decât cea din punctul B, pe când în cazul curentului continuu fenomenul se petrece invers (fig. 5).

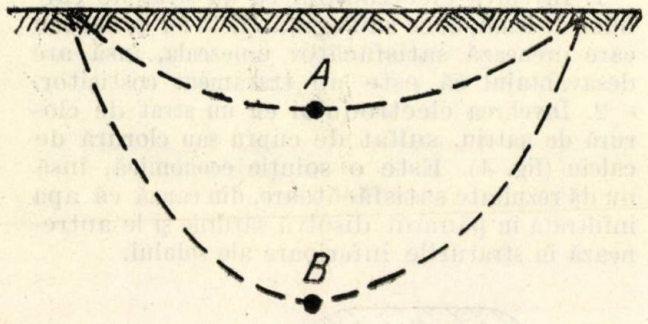


Fig. 5.

Rezultă că, în timp ce repartiția curentului alternativ se face numai la suprafața solului, curentul continuu se dispersează adânc în pământ. Datorită acestei repartiții, forma cilindrică preconizată pentru electrozii prizei de pământ este cu atât mai avantajoasă, cu cât frecvența curentului este mai mare.

Dacă s'ar face o priză de pământ dintr'o placă metalică, pentru a se obține o rezistență de contact mică, ar trebui să fie implântată la o adâncime mare și datorită particularității de propagare a curentului alternativ de frecvență audio, placa ar trebui plasată vertical și mai aproape de suprafață. Aceasta ar conduce la mărirea prețului de cost și la o manoperă dificilă. Dacă s'ar așeza placa orizontal în pământ, la adâncime, priza ar fi bună numai în curent continuu.

Deci, în cazul unei instalații electroacustice, lucrând în frecvență audio, singura priză de pământ avantajoasă este cea construită din electrozi sub formă de țevi implântate vertical în pământ, deoarece sub această formă, tijele având capetele inferioare în stratul de pământ de rezistivitate mică, se realizează o rezistență de contact redusă; în același timp, partea superioară a acestor tije fiind la suprafața solului rezultă că se găsesc în zona cu densitate maximă de curent de frecvență audio.

In ce privește coroziunea, această acțiune asupra electrozilor este aproape inexistentă în curent alternativ mai ales la frecvențele audio și radio.

CONSTRUIREA PRIZEI DE PĂMÂNT

Pentru sistematizarea expunerii, se va împărți această operațiune în două părți oarecare distincte:

— plantarea tijelor prizei în pământ și realizarea legăturii la firul conductor;

— executarea conexiunilor interioare și dirijarea lor spre priza de pământ.

1. **Introducerea electrozilor în pământ** se face prin baterea tijei la capătul superior. Aceste lovituri nu trebue să fie prea puternice, pentru a se evita flambarea sau vibrarea tijei, care, după cum s'a arătat mai sus, are o lungime apreciabilă în raport cu secțiunea. Vibrarea tijei pe timpul baterii tinde să lărgească gaura din pământ și astfel contactul intim dintre tijă și sol nu mai este perfect. De obicei se obțin rezultate mai bune întrebuințând un ciocan mai ușor și lovituri mai dese, depinzând bine-înțeles de natura solului în care se pătrunde.

Pentru a nu deteriora tija la partea la care se aplică loviturile, trebue montat la capătul țevii un dop de oțel.

Acesta acoperă marginile țevii și intră în interiorul tijei cu 1,5 . . .2 cm.

Forarea pământului în vederea introducerii țevilor nu dă rezultate satisfăcătoare, deoarece nu se mai realizează un contact strâns între electrod și pământ.

Această operație se poate totuși întrebuința însă numai în cazul unor terenuri foarte tari, executându-se la un diametru mai mic decât diametrul exterior al țevii și nu pentru toată lungimea de introducere în pământ.

Legătura dintre electrod și firul de conducere poate fi realizată fie cu conductori sudați direct pe tije, fie prin intermediul a diferite cleme (fig. 6).

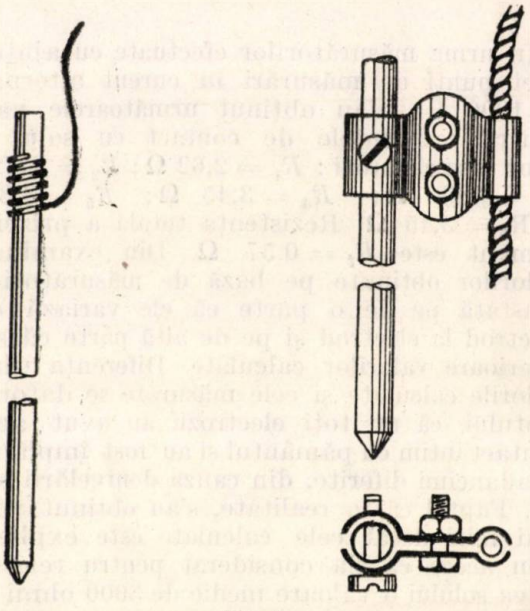


Fig. 6.

Materialele întrebuințate pentru facerea sudurii nu trebue să formeze cupluri galvanice excesive la locurile de contact. Aceste cupluri galvanice iau naștere datorită diferenței de potențial ce se produce între diferitele metale în prezență, presupunând o formare a sărurilor prin absorbție de umezeală. Ca o indicație, se dau mai jos câteva valori a diferenței de potențial în cazul metalelor utilizate în realizarea prizelor de pământ:

— diferența de potențial a fierului față de plumb este de circa 0,34 V, fierul fiind mai negativ decât plumbul;

— diferența de potențial dintre plumb și cupru este de 0,45 V, cuprul fiind mai pozitiv decât plumbul;

— diferența de potențial dintre cupru și fier este de 0,79 V, cuprul fiind mai pozitiv decât fierul;

— diferența de potențial dintre cupru și zinc este de 1,09 V, zincul fiind mai negativ decât cuprul.

Cum pentru micșorarea cuplurilor galvanice trebue ca diferența de potențial între materialele în prezență să fie cât mai mică, rezultă că se va evita pe cât posibil a se face garnituri de zinc, care să vină în contact cu bara de cupru.

Acolo unde contactul dintre metale la locul de sudură sau prindere este situat la o oarecare adâncime în pământ, un electrolit al solului poate favoriza această acțiune electrochimică. De aceea se recomandă în anumite cazuri să se îmbrace locul de prindere dintre metale diferite cu bitum, smoală sau vopsea, pentru a reduce tendințele de coroziune.

2. **Conectări la prizele de pământ (lucru și protecție) a instalațiilor și aparatelor electroacustice.** Toate instalațiile electroacustice necesită o protecție statică, realizabilă prin conectarea lor la pământul de lucru.

Se vor conecta la pământul de lucru; aparatajul electroacustic, pupitrele de regie tehnică, agregatele de redat discuri, agregatele pentru înregistrări pe ceară, magnetofoanele, tablourile de comandă.

O serie întreagă de precauțiuni urmează a fi luate pentru a se obține o eficacitate maximă a sistemului de punere la pământ.

In acest scop:

— ramificațiile trebue să fie separate;

— conductorii de legătură izolați pentru a înlătura posibilitatea unei atingeri cu alte circuite pe pământ;

— sistemul de punere la pământ nu trebue să formeze bucle;

— contactele să fie sigure, prin strângere mecanică și lipire cu cositor la cleme speciale;

— toate ecranele cablelor speciale izolate în exterior care servesc la conectarea diferitelor aparate ca: microfoane, amplificatoare, magnetofoane, agregate de redat discuri, etc., trebue conectate numai într'un singur punct la pământul de lucru (fig. 7).

Cablele sub plumb, care pe traseul lor au atingere cu alte construcții metalice, cum sunt conductele de apă, de încălzire, etc. trebue să fie izolate de rama susținătoare a cablelor, conectată cu grupul de stelaje. Mănunchiul de cable sub plumb se va înfășura cu bandă izolatoare (sterlingband) spre a nu fi în atingere cu părțile metalice ale stelajelor.

Stelajele unui grup de aparate se unesc între ele cu rama susținătoare prin buloane.

Fiecare stelaj va avea prevăzute borne de pământ la care se aduc printr'o bară comună, toate punctele neutre ale stelajului. Bornele de pământ se vor conecta separat cu priza de pământ de lucru.

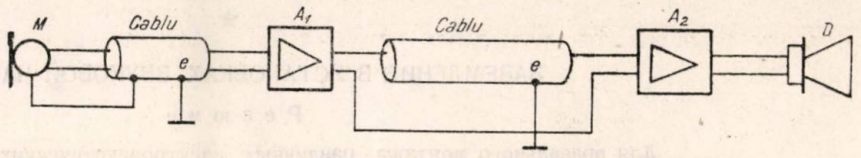


Fig. 7. Lanț electroacustic într'o instalație de studiou.
M—microfon; A_1 — amplificator de microfon; A_2 —amplificator de putere; *D*—difuzor; *e*—ecran de cablu

Conductorul de pământ se montează izolat în interiorul aceluiaș grup de stelaje și se conectează într'un singur punct la acest grup.

Aparatele electroacustice, care au borne de potențial zero, vor avea aceste puncte conectate la conductorul de pământ prin intermediul unei punți de legătură. Este cazul amplificatorilor de tensiune, de putere, aparatelor de măsură, etc.

In cazul când amplificatorii de tensiune sunt separați de alimentatorii lor dela rețea și sunt montați pe stelaje diferite, atunci se pune la pământ numai borna de zero dela redresor, pentru a evita formarea de bucle. Bornele mediane ale transformatorilor de audiofrecvență (intrare și ieșire) nu vor fi puse la pământ. In schimb ecranele transformatorilor se conectează cu borna de potențial zero.

Conductorii de punere la pământ nu vor fi întrerupți prin ștechere și mufe. Acolo unde acest lucru se impune (microfoane, difuzori), firul prizei de lucru se va conecta la piciorușul unui ștecher, respectiv la borna mufei, astfel ca la cuplare să se obțină continuitatea firului de punere la pământ.

La cel de al doilea sistem de prize de pământ (prize de protecție) se conectează restul instalațiilor: stelaje, susținătoare de aparataj, carcase ale motoarelor electrice, tablourile de distribuție electrică, diferite conducte ale instalațiilor, etc.

Conductorii de punere la pământ pot fi neizolați, se pot atinge între ei și cu pământul; formarea buclelor nu prezintă niciun inconvenient.

Ramele susținătoare ale cablelor și învelișurilor cablelor de plumb se conectează cu firul prizei de protecție având însă grijă ca ele să nu fie conectate cu prizele de lucru prin grupurile de stelaje.

Intre priza de lucru și cea de protecție este interzis a se face conectări, după ce conductorul primei s'a despărțit de pământ.

Firul neutru nu se va folosi ca pământ de protecție, iar în instalațiile electroacustice nu se admite protecția aparatelor și mașinilor electrice prin legarea la nulul rețelei.

Protecția carcaselor metalice ale aparatelor se va face prin conectarea la priza de protecție,

carcasele metalice fiind izolate de firul neutru al rețelei electrice.

Numai luând aceste măsuri de protecție și îndeplinind condițiunile expuse în acest articol, se poate realiza o perfectă instalație electroacustică de studiou.

Bibliografie

1. *Pritula N. A.*: Protecția catodică contra coroziunii conductelor de pământ, Leningrad, 1945.
2. *Palladin P. A.*: Inlăturarea interferențelor în instalațiile de joasă frecvență ale unui centru de radiodifuziune, Revista Vestnic-Sveazi-Electrosveazi, Nr. 1 (1948).
3. *Moisil G.*: Coroziunea canalizațiilor subterane, Revista A. S.I.T. Electricitatea Nr. 4 și 5 (1948).

★

ЗАЗЕМЛЕНИЕ В УСТАНОВКАХ ЗВУКОВОЙ ЧАСТОТЫ

Резюме

Для правильного монтажа различных электроакустических установок, заземление соответствующей аппаратуры и проводока представляет главное задание.

В настоящей статье это задание рассматривается теоретически и практически, указываясь применение существующих двух категорий заземлений: рабочего и защитного. Посредством рационального использования этих заземлений достигается с одной стороны подавление шумов и избегается наложение програм, а с другой стороны обеспечивается защита эксплоатационного и обслуживающего персонала от опасных напряжений.

Практическое выполнение, полученные измерення и условия для такого заземления, дополняют статью и составляют справочник для технических работников занятых проектированием и монтажем электроакустических установок.

PENTRU MODERNIZAREA INDUSTRIEI DE ELEMENTE ȘI BATERII GALVANICE DIN R. P. R.

Ing. M. PĂUN

Se analizează stadiul actual de desvoltare al industriei de elemente și baterii galvanice din R. P. R. și se stabilesc căile de desvoltare și modernizare în lumina realizărilor în acest domeniu în U.R.S.S. Se descriu diverse tipuri de elemente și baterii galvanice și se analizează comparativ aceste tipuri, din punct de vedere al materialelor întrebuințate, al tehnologiei de fabricație și al randamentului în exploatare. Se propun soluții ținând seama de realizările la zi în acest domeniu.

1. INTRODUCERE

Tânăra noastră industrie electrotehnică este într'o continuă desvoltare, îndeplinind și depășind sarcinile care îi stau în față și contribuind cu noi succese la construirea bazei economice a socialismului în R.P.R.

An de an se perfecționează fabricarea produselor electrotehnice și se introduc în fabricație noi tipuri de mașini și aparate electrice. Așa cum se arată în „Comunicatul Comitetului de Stat al Planificării și Direcțiunii Centrale de Statistică cu privire la rezultatele îndeplinirii Planului de Stat pentru desvoltarea economiei naționale a R.P.R. pe anul 1952", în sectorul electrotehnic, s'au pus în fabricație numai în cursul acestui an 129 diferite noi produse electrotehnice.

Nu toate ramurile industriei electrotehnice s'au desvoltat însă în aceeași măsură. Dintre puținele produse electrotehnice, a căror fabricație nu s'a perfecționat încă în țara noastră, fac parte elementele și bateriile galvanice, care au rămas cu mult în urma frumoaselor realizări ale industriei electrotehnice.

Este deci de datoria inginerilor și tehnicienilor electrochimiști să se preocupe de introducerea ultimelor realizări ale tehnicei moderne în acest domeniu, în industria de elemente și baterii galvanice din R.P.R.

Dela data descoperirii primului element galvanic a trecut mai mult de 150 ani și în acest interval de timp s'a lucrat la perfecționarea continuă a elementelor și bateriilor galvanice și a procedeelor industriale de fabricare a lor.

Deasemenea s'a lucrat la creerea de noi construcții de elemente și baterii galvanice cu performanțe mult superioare celor cunoscute anterior.

Rezultatele acestei munci pot fi cunoscute din literatura tehnică de specialitate și în special din literatura, sovietică. In adevăr în U.R.S.S., în anii cincinalelor staliniste, industria de elemente și baterii galvanice a căpătat o însemnată desvoltare și ca o urmare firească au apărut în acest domeniu o serie de lucrări de specialitate, de toate nivelele, care cuprind un prețios și bogat material documentar atât în ceeace privește teoria cât și în ceeace privește practica elementelor galvanice. Studierea și asimilarea acestui material documentar este de mare folos pentru fixarea căilor de modernizare a industriei noastre de elemente și baterii galvanice.

2. CĂILE DE MODERNIZARE A INDUSTRIEI DE ELEMENTE ŞI BATERII GALVANICE DIN R.P.R.

Pentru a putea stabili căile de modernizare a industriei de elemente şi baterii galvanice din R.P.R. trebue analizat în primul rând situaţia actuală a acestei industrii şi perspectivele sale de desvoltare în lumina realizărilor în acest domeniu, din U.R.S.S.

Dintre elementele şi bateriile galvanice care se pretează la o fabricaţie de masă, în R.P.R. se produc actualmente elemente şi baterii tip Leclanché de construcţie cu vasul de zinc în formă de pahar. Pentru o serie de aplicaţii (de exemplu : în telecomunicaţii) acest tip de elemente galvanice s'a dovedit a fi foarte comod în exploatare şi deaceia, cu toate că prezintă o serie de neajunsuri, el este foarte răspândit în practică.

Fabricarea elementelor şi bateriilor galvanice de construcţie cu vasul de zinc în formă de pahar, a atins în U.R.S.S., un înalt grad de perfecţionare tehnică. Executarea principalelor subansamble, polul pozitiv şi polul negativ, ca şi montarea elementelor şi a bateriilor, a fost complect mecanizată. Deasemenea au fost puse în fabricaţie o serie de noi tipuri de elemente, de aceeaşi construcţie, capabile însă să funcţioneze într'un interval mai larg de temperatură.

Aşa cum se va arăta însă mai departe, această construcţie de elemente şi baterii galvanice prezintă marele neajuns, din punct de vedere economic, de a necesita un consum de materiale de 3...4 ori mai mare decât cel teoretic Deasemenea, materialele folosite la fabricarea acestor elemente şi baterii galvanice sunt în general scumpe. Deaceea s'a căutat şi s'a reuşit să se fabrice noi tipuri de elemente galvanice a căror construcţie să permită eliminarea acestor neajunsuri.

Astfel, pornindu-se dela principiul constructiv al pilei lui Volta, s'au introdus în fabricaţie elementele şi bateriile tip galet, care au la bază acelaş lanţ electrochimic ca şi elementele şi bateriile Leclanché de construcţie cu vasul de zinc în formă de pahar, dar a căror construcţie permite o reducere a consumului de materiale cu circa 60% faţă de acestea din urmă.

De mare actualitate este problema creerii, unor elemente galvanice în a căror construcţie să intre materiale ieftine şi mai puţin dificitare decât cele folosite la fabricarea elementelor tip Leclanché şi care totodată să fie comode în exploatare şi să se preteze la o fabricaţie de masă.

Intr'o mică măsură această problemă a fost rezolvată prin introducerea în fabricaţie a elementelor cu depolarizant aer în care, în locul bioxidului de mangan se foloseşte ca depolarizant oxigenul din aer.

Rămâne însă mai departe de rezolvat problema înlocuirii celorlalte materiale şi în special a zincului.

Pentru anumite aplicaţii, de exemplu atunci când se cere ca în tot timpul descărcării elementului galvanic tensiunea să fie constantă sau descărcarea să se poată face cu un curent mare, în locul elementelor obişnuite Leclanché trebue fabricate alte tipuri de elemente, de exemplu elemente cu oxid de cupru sau cu clorură de argint, care sunt capabile să satisfacă aceste cerinţe.

O problemă oarecum aparte o constitue creerea elementului cu combustie care să fie capabil să transforme energia produsă prin arderea unui combustibil, direct în energie electrică. Ideia construirii acestui element aparţine lui P. N. Iablocicov, un mare inventator rus, care este cunoscut în istoria mondială ca descoperitorul iluminatului electric şi care încă în anul 1880 a formulat problema elementului cu combustie. Succesele obţinute ulterior, în, domeniul construirii elementelor cu combustie au demonstrat că ideia lui Iablocicov este realizabilă în practică.

Din cele spuse mai sus reiese că modernizarea industriei noastre de elemente şi baterii galvanice este legată de studierea şi rezolvarea următoarelor probleme :

a) Perfecţionarea procesului tehnologic de fabricare a elementelor şi bateriilor tip Leclanché de construcţie cu vasul de zinc în formă de pahar ;

b) introducerea în fabricaţie a elementelor şi bateriilor galvanice de construcţie tip galet ;

c) introducerea în fabricaţie a elementelor galvanice cu depolarizant aer ;

d) creerea de elemente speciale cu performanţe superioare elementelor Leclanché ;

e) creerea unor elemente galvanice în a căror construcţie să intre materiale ieftine şi mai puţin deficitare decât cele folosite la fabricarea elementelor tip Leclanché ;

f) creerea unor elemente cu combustie.

De un real folos pentru inginerii şi tehnicienii din R.P.R., în studiul şi rezolvarea acestor probleme este cunoaşterea realizărilor sovietice în acest domeniu, care vor fi arătate pe scurt în cele ce urmează.

3. PERFECŢIONAREA PROCESULUI TEHNOLOGIC DE FABRICARE A ELEMENTELOR ŞI BATERIILOR GALVANICE TIP LECLANCHE DE CONSTRUCŢIE CU VASUL DE ZINC IN FORMA DE PAHAR

Confecţionarea elementelor şi a bateriilor galvanice Leclanché, de construcţie cu vasul de zinc în formă de pahar, necesită foarte multă manoperă, procesul tehnologic de fabricaţie cuprinzând un număr mare de operaţiuni. De exemplu pentru confecţionarea unei baterii anodice de 120 V sunt necesare circa 100 operaţiuni. De primă importanţă pentru acest tip de elemente este deci mecanizarea procesului tehnologic. In fabricile moderne din U.R.S.S. marea majoritate a operaţiunilor de fabricare a acestor elemente şi baterii galvanice sunt mecanizate. Astfel confecţionarea polului pozitiv, adică a păpuşilor, şi a polului negativ, adică a paharelor de zinc, se face complect automat. Aceasta duce şi la o ameliorare a calităţii produselor, elementele confecţionate

prin procedee mecanizate fiind uniforme și având caracteristici egale sau foarte apropiate ceeace este de mare importanță în cazul montării lor în baterie.

In ceeace privește montarea bateriilor din elemente, tehnica modernă prevede utilizarea montajului pe bandă rulantă care duce la mărirea productivității muncii.

Un alt aspect al perfecționării acestui tip de elemente îl constitue creerea elementelor capabile să funcționeze într'un interval larg de temperatură.

Pentru elementele obișnuite de tip Leclanché, temperatura optimă de funcționare este cuprinsă între + 15°C și +25°C. In afara acestui interval de temperatura caracteristicile elementelor și în special capacitatea lor, suferă modificări importante. Astfel la temperaturi mai scăzute, rezistența interioară a elementelor crește și difuziunea substanțelor produse la electrozi devine mai greoaie, din care cauză elementele se polarizează mai ușor. In consecință la descărcarea la temperaturi coborîte elementele tip Leclanche ating repede tensiunea lor finală și capacitatea pe care o debitează este mică.

La temperaturi ridicate capacitatea elementelor crește, însă paralel cu aceasta se accelerează și procesele care produc autodescărcarea elementelor. La temperaturi peste +40°C autodescărcarea este atât de puternică încât se produce scăderea bruscă a capacității elementelor.

Dependența capacității elementelor Leclanché de temperatură are o mare importanță practică unde pentru anumite aplicații este necesar ca elementele și bateriile galvanice să poată funcționa în intervale mai largi de temperatură.

Această problemă a fost rezolvată în U.R.S.S. prin introducerea în fabricație a trei tipuri de elemente Leclanché:

— elemente tip de vară, capabile să funcționeze într'un interval de temperatură cuprins între —20°C și + 60°C;

— elemente tip pentru temperaturi coborîte, capabile să funcționeze într'un interval de temperatură cuprins între —40°C și +40°C;

— elemente tip universal, capabile să funcționeze într'un interval de temperatură cuprins între —50°C și +60°C.

In fig. 1 se arată variația capacității în funcție de temperatură a unor elemente cu capacitatea nominală de 30 Ah, de construcție diferită (tip vară, tip pentru temperaturi coborîte și tip universal) supuse unei descărcări pe o rezistență de 10 ohmi până la tensiunea finală de 0,7 V.

După cum reiese din curbele din fig. 1 elementele tip de vară ies din funcțiune la o temperatură de circa —20°C. Elementele tip pentru temperaturi coborîte păstrează circa 20% din capacitatea lor chiar la o temperatură de —40°C în timp ce la aceeași temperatură elementele tip universal păstrează circa o treime din capacitatea lor.

Creerea elementelor tip pentru temperaturi coborîte și tip universal, cu proprietățile lor remarcabile, reprezintă un succes al științei și tehnicei sovietice. Ele au fost proiectate și puse în fabricație pe baza cercetărilor științifice efectuate de un colectiv de cercetări în frunte cu N. S. Crivoluțcaia, G. G. Morozov, S. S. Marcov, A. A. Timohin și P. M. Nasonov.

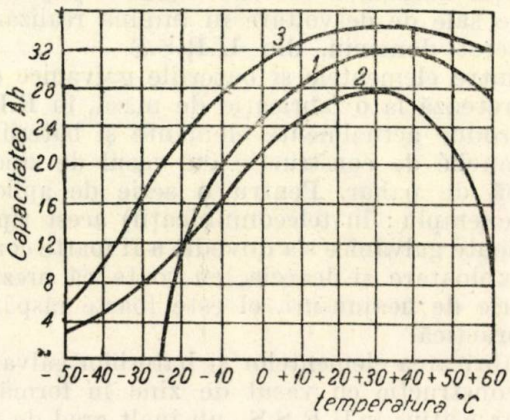


Fig. 1. Influența temperaturii asupra capacității unor elemente Leclanché uscate.

1 — element tip de vară; *2* — element tip pentru temperaturi coborîte; *3* — element tip universal.

Proprietatea caracteristică a acestor elemente constă în aceea că dacă, după ce debitează o parte din capacitatea lor nominală la o temperatură coborîtă sunt puse să lucreze în condițiile normale (+25°C), ele își restabilesc capacitatea și pot fi descărcate mai departe.

4. ELEMENTELE ȘI BATERIILE GALVANICE LECLANCHE DE CONSTRUCȚIE TIP GALET

Unul din principalele defecte ale elementelor și bateriilor Leclanché, de construcție cu vasul de zinc în formă de pahar îl constitue coeficientul mic de utilizare al materialelor active care intră în construcția lor. Un calcul simplu poate dovedi că pentru aceste elemente și baterii, consumul de materiale active este de 3...4 ori mai mare decât cel teoretic necesar.

De exemplu să calculăm capacitatea specifică teoretică a unui element Leclanché și capacitatea specifică a unui element industrial de exemplu a elementului EUT — Ea — 1,5 (STAS 808—49) care are capacitatea de 30 Ah și greutatea de 0,8 kg.

Din reacția de producere a curentului în elementele Leclanche

$$Zn + 2\,NH_4Cl + 2\,MnO_2 = Zn(NH_3)_2Cl_2 + H_2O + Mn_2O_3$$

rezultă că materialele active care intră în construcția sa sunt: zincul, clorura de amoniu și bioxidul de mangan. Echivalenții electrochimici ai acestor substanțe sunt: 1,219 g/Ah pentru zinc, 1,995 g/Ah pentru clorura de amoniu și 3,240g/Ah pentru bioxidul de mangan.

Făcând suma acestor echivalenți

$$1{,}219 + 1{,}995 + 3{,}240 = 6{,}454\ g/Ah$$

găsim că pentru o capacitate de 1 Ah, într'un element Leclanché se consumă 6,454 g materiale active, de unde rezultă capacitatea specifică teoretică a elementului Leclanché egală cu :

$$\frac{1000}{6,454} = 155 \text{ Ah/kg.}$$

Calculând pentru elementul de fabricație industrială EUT-Ea- 1,5 capacitatea specifică găsim că ea este egală cu

$$\frac{30}{0,8} = 37,5 \text{ Ah/kg}$$

Rezultă deci că pentru acest element capacitatea specifică este de 4,1 ori mai mică decât cea teoretică sau cu alte cuvinte consumul de materiale folosite la fabricarea sa este de 4,1 ori mai mare decât cel teoretic necesar.

Această diferență dintre capacitatea specifică teoretică și cea reală a elementelor de mai sus se datorește construcției lor care impune utilizarea unei cantități mari de zinc și de materiale care nu iau parte la procesul electrochimic. Astfel în elementele de construcție cu vasul de zinc în formă de pahar, zincul metalic servește ca material activ al electrodului negativ și ca material de construcție al recipientului elementului. Un calcul simplu poate dovedi că din această cauză pentru elementele de această construcție consumul de zinc este de circa 4 ori mai mare decât cel teoretic necesar. Să luăm ca exempl același element industrial EUT-Ea-1,5 de mai sus.

Greutatea vasului de zinc al acestui element este de circa 140 g. Consumul teoretic de zinc necesar pentru capacitatea nominală a elementului este însă de numai

$$1,219 \text{ g/Ah} \times 30 \text{ Ah} = 36,57 \text{ g}$$

De unde rezultă că în elementul EUT-Ea-1,5 intră de circa 3,8 ori mai mult zinc decât este teoretic necesar.

Construcția acestui tip de elemente impune deasemenea utilizarea unor materiale care nu iau parte direct la procesul electrochimic, de exemplu electrozii de cărbune care au numai rolul de a conduce curentul electric din masa de aglomerat a polului pozitiv.

In ultimii 20 ani s'a depus o muncă intensă pentru creerea unui tip nou de elemente Leclanché, la care să se elimine consumul excesiv de zinc și a căror capacitate specifică să fie mai apropiată de cea teoretică.

In prezent această problemă a fost rezolvată pozitiv prin introducerea în fabricație a elementelor plate cunocute sub denumirea de elemente tip galet.

Construcția acestor elemente amintește pe aceea a pilei lui Volta. Așa cum se vede din fig. 2, polul negativ al elementului galet constă dintr'o plăcuță de zinc (1). Polul pozitiv al elementului este construit din masa de aglomerat presată sub formă de pastilă (4). Pentru a se evita distrugerea sa, masa de aglomerat este înfășurată într'o foiță de țigară (3). Intre plăcuța de zinc și masa de aglomerat se introduce o bucată de hârtie de filtru îmbibată cu electrolit (2). Plăcuța de zinc este acoperită cu o peliculă dintr'un material bun conducător de electricitate, care permite trecerea curentului electric

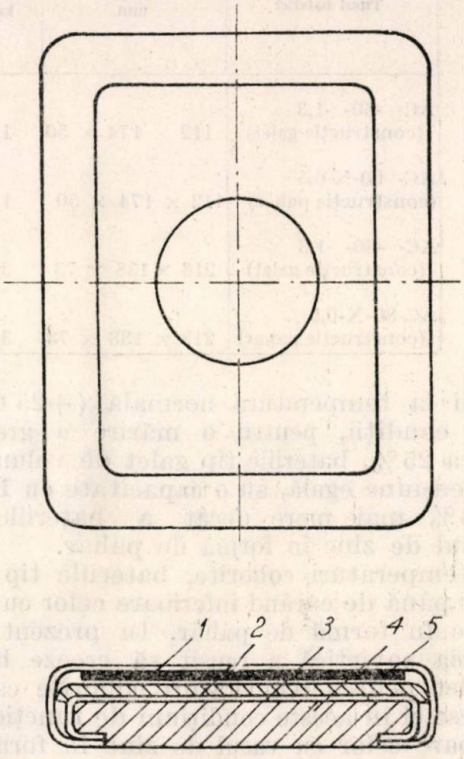


Fig. 2. Element tip galet.

sub formă de electroni (conductor metalic) dar nu permite trecerea ionilor de electrolit. Pentru formarea acestei pelicule se folosește un amestec de ulei animal, colofoniu și grafit foarte fin măcinat.

Intregul element este îmbrăcat într'un film de masă plastică (5) de obiceiu de clorură de polivinil.

Elementele de construcție tip galet sunt foarte potrivite pentru montarea bateriilor de tensiune mare (120 V sau 150 V). Pentru aceasta, elementele se suprapun unele peste altele în așa fel încât pelicula din material bun conducător de electricitate să separe plăcuța de zinc a unui element de masa de aglomerat a elementului de deasupra sa.

Construcția simplă a acestor elemente permite scurtarea procesului tehnologic de fabricație și se pretează mai mult la mecanizare. Astfel procesul de fabricare al unei baterii anodice de 120 V din elemente tip galet se reduce dela circa 100 cât era în cazul utilizării elementelor cu vasul de zinc în formă de pahar, la circa 65.

In tabela 1 se arată caracteristicile bateriilor anodice tip galet de 60 V și 80 V de fabricație sovietică, în comparație cu bateriile anodice de 60 V și respectiv 80 V tip cu vasul de zinc in formă de pahar.

Din datele cuprinse în tabela 1 reiese clar superioritatea bateriilor tip galet, în cazul funcționării la temperatura normală (+25°C). In aceste condiții, pentru o mărire a greutății cu circa 25%, bateriile tip galet de volum egal și de tensiune egală, au o capacitate cu 190... ...258% mai mare decât a bateriilor tip cu vasul de zinc în formă de pahar.

Tabela 1

Tipul bateriei	Gabaritul mm	Greut. kg	Capacitatea la descărcare până la 40 V Ah							
			+ 20°C				− 30°C			
			Intensitatea medie a curentului de descărcare − mA				Intensitatea medie a curentului de descărcare − mA			
			10	25	35	50	10	25	35	50
AC- -60- -1,3 (construcție galet)	112 × 174 × 50	1,6	1,430	0,973	0,992	0,657	—	—	—	—
AC- 60-X-0,5 (construcție pahar)	112 × 174 × 50	1,35	0,556	0,481	0,388	0,344	—	—	—	—
AC- -80- -1,3 (construcție galet)	218 × 138 × 73	3,3	—	—	—	—	0,176	0,072	0,050	0,018
AC-80-X-0,5 (construcție pahar)	218 × 138 × 73	3,0	—	—	—	—	0,215	0,170	0,134	0,085

La temperaturi coborîte, bateriile tip galet au fost până de curând inferioare celor cu vasul de zinc în formă de pahar. In prezent însă, industria sovietică a reușit să creeze baterii tip galet pentru temperaturi coborîte care se dovedesc și în aceste condițiuni de funcționare, superioare celor cu vasul de zinc în formă de pahar.

In tabela 2 se arată consumul comparativ de materiale pentru fabricarea bateriilor tip galet și pentru fabricarea bateriilor tip cu vasul de zinc în formă de pahar, care este admis drept 100%.

Tabela 2

Denumirea materialului	Baterie tip cu vasul de zinc în formă de pahar	Baterie tip galet
Zinc	100	36
Alamă	100	13
Cositor	100	3
Plumb	100	3
Parafină	100	10
Carton	100	80
Pânză	100	—
Creion de cărbune .	100	—
Masă bituminoasă de acoperire . . .	100	—

După cum rezultă din tabela 2, în cazul bateriilor de tip galet consumul de zinc se reduce cu 64% ceeace este de mare importanță practică, deoarece, după cum se știe, zincul este un material deficitar în comparație cu alte metale și necesarul de zinc pentru industria de elemente și baterii galvanice este relativ mare.

5. ELEMENTE CU DEPOLARIZANT AER

Printre elementele galvanice moderne sunt acelea în care drept oxidant se folosește oxigenul din aer, denumite din această cauză, elemente cu depolarizant aer.

In funcție de electrolitul utilizat elementele cu depolarizant aer corespund următorelor lanțuri electrochimice :

— pentru elementul cu electrolit neutru :

$$-\ Zn \mid NH_4Cl \mid O_2\,(C) +$$

— pentru elementul cu electrolit alcalin :

$$-\ Zn \left| \begin{matrix} NaOH \\ KOH \end{matrix} \right| O_2\,(C) +$$

Polul pozitiv al acestor elemente este format din cărbune activ, care după cum se știe are proprietatea de a absorbi o cantitate mare de diferite gaze printre care și oxigenul din aer. Oxigenul astfel introdus în element s'a dovedit a fi un bun depolarizant. Din cauză însă că materialul din care este confecționat polul pozitiv al acestor elemente posedă o permeabilitate mică pentru aer, procesul de absorbție a oxigenului din aer se produce destul de încet, ceeace limitează valoarea curentului de descărcare.

Forța electromotoare a elementului cu depolarizant aer este de circa 1,4 V. In comparație cu elementele cu depolarizant bioxid de mangan, tensiunea elementelor cu depolarizant aer la descărcarea cu curenți mici este mult mai constantă, fiind cuprinsă între 1,0 și 0,9 V.

Studiul fabricării elementelor cu depolarizant aer a fost început în U.R.S.S. încă din anul 1925. Fabricația acestor elemente a atins astăzi în U.R.S.S. un înalt grad de perfecționare tehnică. Cele mai răspândite dintre acestea sunt elementele tip ВДС elaborate de laureatul premiului Stalin, Ing. Spiridonov și perfecționate de Ing. Puşcarev.

Aceste elemente se fabrică de capacități nominale până la 1500 Ah, de tip umed sau de tip uscat cu electrolitul imobilizat.

Așa cum se vede în fig. 3 polul pozitiv al acestor elemente constă din doi electrozi plați, de formă dreptunghiulară, goi în interior (1). Electrozii sunt confecționați dintr'o masă de cărbune activ impregnată cu o substanță hidro-

fugă şi presată într'o cutie din tablă de oţel perforată, de formă corespunzătoare.

Polul negativ constă dintr'un electrod de zinc, turnat, care are secţiunea în formă de opt (2).

Recipientul elementului este de sticlă (3). Drept electrolit se foloseşte o soluţie de hidroxid de potasiu cu greutatea specifică de 1,38...1,40.

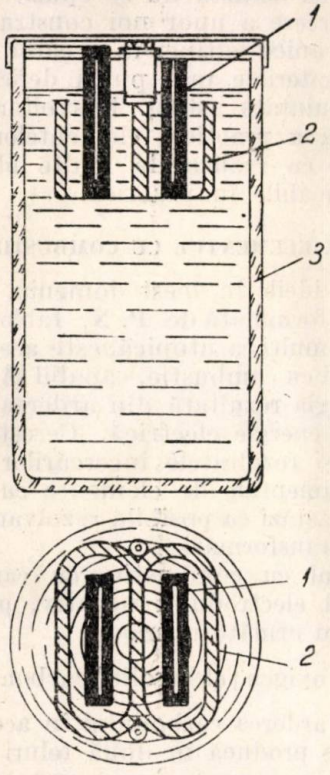


Fig. 3. Element cu depolarizant aer de tip Spiridonov-Puşcarev.

Aşa cum s'a amintit mai sus, elementele cu depolarizant aer prezintă inconvenientul de a nu permite descărcarea decât cu un curent mic a cărui valoare este limitată de pătrunderea lentă a oxigenului din aer în masa polului pozitiv. Dacă se încearcă a se face descărcarea cu un curent mai mare se produce o polarizare intensă şi tensiunea elementului scade.

Pentru înlăturarea acestui incovenient, s'a realizat un tip nou de element, numit „cu depolarizare mixtă" şi reprezentat prin următorul lanţ electrochimic

$$- \text{Zn} \left| \text{NH}_4\text{Cl} \right| \begin{matrix} \text{MnO}_2 \\ \text{O}_2 \end{matrix} \text{(C)} +$$

In compoziţia polului pozitiv al acestui element, elaborat în U.R.S.S. de cercetătorul A G. Razumnicov, intră aproximativ 35% bioxid de mangan, 20% cărbune activ şi 45% grafit.

Elementele cu depolarizare mixtă prezintă avantajul de a fi mai puţin sensibile la descărcările temporare cu curenţi care depăşesc valoarea admisibilă, decât elementele cu depolarizant aer.

6. ELEMENTE GALVANICE SPECIALE

Elementele tip Leclanché cu depolarizant bioxid de mangan şi elementele cu depolarizant aer nu permit descărcarea la curenţi relativ mari. Deasemenea curba de descărcare a elementelor tip Leclanché arată că tensiunea acestor elemente scade continuu în timpul descărcării dela 1,4 V până la tensiunea finală de 0,7 V, după care ea cade brusc.

Pentru cazurile când se cere ca tensiunea elementelor să rămână aproape neschimbată în timpul descărcării, de exemplu pentru alimentarea dispozitivelor de semnalizare la căile ferate, sau pentru cazurile când elementele trebue să debiteze un curent mare, în locul elementelor şi bateriilor tip Leclanché se folosesc elemente speciale bazate pe alte lanţuri electrochimice.

Un astfel de element special este elementul cu oxid de cupru reprezentat prin următorul lanţ electrochimic :

$$- \text{Zn} \mid \text{NaOH} \mid \text{Cu O (Cu)} +$$

Forţa electromotoare a acestui element este de 0,85 V. In timpul descărcării, tensiunea elementului cu oxid de cupru este constantă, fiind cuprinsă între 0,7 şi 0,6 V.

Datorită rezistenţei sale interioare mici, elementul cu oxid de cupru poate fi descărcat cu curenţi relativ mari, atingând 1 A/dm^2 de suprafaţă a electrodului pozitiv.

In timpul funcţionării, oxidul de cupru se reduce la cupru. Elementul descărcat poate fi supus regenerării oxidându-se din nou cuprul la oxid de cupru, ceeace se realizează uşor prin încălzirea polului pozitiv al elementului, la o temperatură de circa 150°C.

In cazul unei funcţionări normale, elementele cu oxid de cupru pot suporta foarte multe cicluri de descărcare-regenerare.

In lucrarea sa „Elemente galvanice" V. G. Socevanov dă ca exemplu un asemenea element care a continuat să funcţioneze timp de mai bine de 30 ani dela fabricarea sa.

In U.R.S.S. se fabrică elemente cu oxid de cupru cu capacitatea de 250, 500 şi 1000 Ah. Fabricarea lor a fost pusă la punct de Ing. Csenofontov. Tensiunea acestor elemente rămâne aproape neschimbată până când elementul debitează 90...95% din capacitatea sa, după care scade brusc la 0,5 V.

Datorită tensiunii lor perfect constante şi a rezistenţei interioare foarte mici, elementele cu oxid de cupru, pot înlocui în unele aplicaţii, acumulatorii cu plumb.

Un alt element special este elementul cu clorură de argint, reprezentat prin următorul lanţ electrochimic :

$$- \text{Zn} \mid \text{HN}_4\text{Cl} \mid \text{Ag Cl (Ag)} +$$

Polul pozitiv al acestui element este constituit dintr'o plăcuţă de argint acoperită cu clorură de argint care joacă rolul de depolarizant.

Forţa electromotoare a elementului este de 1,05 V. In timpul descărcării, tensiunea se

menține perfect constantă până ce elementul debitează aproape întreaga sa capacitate.

O proprietate caracteristică a acestui element, deosebit de importantă pentru unele aplicații, o constitue faptul că tensiunea sa nu depinde aproape deloc de temperatură.

Fabricarea elementului cu clorură de argint a fost studiată în R.P.R. de un colectiv al Institutului de Fizică al Academiei R. P. R. condus de Prof. Vasilescu-Karpen și Ing. C. Creangă, obținându-se rezultate foarte bune.

7. ELEMENTE GALVANICE DIN MATERIALE IEFTINE ȘI PUȚIN DEFICITARE

Introducerea în fabricație a elementului cu depolarizant aer marchează o etapă nouă în desvoltarea industriei de elemente și baterii galvanice. In acest element, pentru prima dată, drept una din substanțele sale active se folosește oxigenul din aer, adică elementul cel mai răspândit depe glob.

Inlocuirea materialelor folosite în construcția elementelor galvanice industriale, cu altele mai ieftine și mai răspândite pe suprafața pământului, reprezintă direcția actuală de perfecționare a elementelor galvanice, industriale, spre care trebue să tindă îmbunătățirea viitoare a construcției lor.

In acest sens, prima problemă care trebue rezolvată este aceea a înlocuirii zincului. Ca răspândire pe suprafața pământului zincul ocupă al 25-lea loc, reprezentând în procente numai 0,005% din scoarța pământului, adică egal sau numai cu foarte puțin mai mult decât așa numitele metale rare ca de exemplu wolframul a cărui răspândire este aproximativ aceeași (0,005% din scoarța pământului).

In acelaș timp, metale ca aluminiul și fierul sunt mult mai răspândite pe scoarța pământului, ocupând respectiv locul al treilea și al patrulea.

Ca material pentru confecționarea electrodului negativ al unui element galvanic, aluminiul prezintă față de zinc avantajul de a avea un potențial normal de electrod egal cu -1,67 V adică cu aproape 1 V mai negativ decât al zincului și o capacitate specifică de 2889 Ah/kg adică cu peste 2000 Ah/kg mai mare decât a zincului. Aluminiul prezintă însă marele inconvenient de a avea o stabilitate chimică mică în prezența acizilor și bazelor sau cu alte cuvinte prezintă o autodescărcare mare. Indepărtarea acestui inconveninent reprezintă una din cele mai importante probleme în domeniul pilelor galvanice.

Alt element care ar putea fi utilizat la confecționarea electrodului negativ al unui element galvanic este fierul. Inferior aluminiului din punct de vedere al valorii potențialului său normal de electrod și a capacității sale specifice, fierul prezintă avantajul de a se putea obține relativ mai ușor sub formă liberă.

Intrebuințarea fierului ca material pentru confecționarea electrodului negativ al elementelor galvanice este stânjenită de faptul că în contact cu oxigenul din aer fierul se acoperă cu un strat subțire de oxid, care provoacă pasivizarea electrodului.

Savanții sovietici Burstein și Pavlova se pare că au reușit să găsească un procedeu de obținere a fierului sub formă de praf, care să reziste la acțiunea oxigenului din aer. Rămâne de rezolvat problema realizării unui element galvanic industrial pe baza cercetărilor de până acum.

Desigur cu aceasta nu se epuizează posibilitățile de creere a unor noi construcții de elemente galvanice ieftine, în a căror construcție să intre materiale mai puțin deficitare decât cele întrebuințate astăzi. Desvoltarea viitoare a teoriei și a practicei elementelor galvanice va dovedi ca realizabile multe idei socotite încă neaplicabile în practică.

7. ELEMENTUL CU COMBUSTIE

Una din ideile în acest domeniu, care atunci când a fost formulată de P. N. Iablocicov a fost socotită de mulți ca utopică, este aceea a creerii elementului cu combustie, capabil să transforme direct energia rezultată din arderea unui combustibil în energie electrică. Cercetările experimentale și rezultatele încercărilor prototipurilor experimentale de elemente cu combustie arată însă astăzi ca posibilă rezolvarea practică a acestei transformări.

Elementul cu combustie, cu carbon drept material al electrodului negativ, poate fi reprezentat în următorul mod :

$$+ \text{ oxigen} \mid \text{electrolit} \mid \text{carbon} -$$

Teoretic arderea carbonului în acest element poate să se producă în două feluri :

$$\text{I } C + O_2 = C_2 + 94250 \text{ cal.}$$
$$\text{II } 2C + O_2 = 2\,CO + 52288 \text{ cal.}$$

urmată de :

$$2\,CO + O_2 = 2\,CO_2 + 136.200 \text{ cal.}$$

După cum reiese din calcule, elementul cu combustie în care are loc arderea carbonului la bioxid de carbon, are forța electromotoare (la +25°C) egală cu 1,02V. Cantitatea de energie dată de 1 kg carbon consumat în acest element este egală cu 9,1 kWh. După cum se știe, arzând 1 kg carbon în focarul unei mașini cu abur și antrenând cu aceasta un generator de energie electrică se obține în cel mai bun caz o cantitate de energie de 2...3 kWh, adică de 3...4 ori mică decât în cazul elementului cu combustie.

In practică nu s'a reușit încă să se realizeze elementul cu combustie în care să aibe loc prima reacție, din cauza condițiilor speciale pe care le impune desfășurarea acestei reacții.

In fază de laborator s'a realizat numai arderea electrochimică a carbonului la oxid de carbon și a oxidului de carbon la bioxid de carbon, ceeace corespunde la două tipuri de elemente cu combustie.

Primul dintre aceste elemente, cunoscut sub denumirea de element carbon — aer sau ele-

ment solid cu combustie se compune dintr'un creuzet de argilă refractară în interiorul căruia se așează un creuzet mai mic confecționat dintr'un amestec de argilă, bioxid de ceriu și trioxid de wolfram. Creuzetul mic, care joacă rolul de electrolit al elementului, se umple cu praf de cocs. Spațiul dintre cele două creuzete se umple cu oxid de fier fin măcinat. Pe suprafața interioară și exterioară a creuzetului mic se fixează niște electrozi sub formă de sârmă.

Elementul astfel executat se introduce într'un cuptor unde se încălzește la 1000...2000°C. Funcționarea sa decurge în felul următor: oxigenul din aer intră prin oxidul de fier la electrodul pozitiv de unde ia electroni și sub formă de ioni negativi străbate creuzetul mic (electrolitul) descărcându-se pe electrodul negativ interior. Oxigenul descărcat în interiorul elementului reacționează cu carbonul formând oxid de carbon care se degaje în atmosferă.

Deoarece acest element prezintă inconvenientul de a necesita un combustibil foarte curat, care să nu dea cenușă, s'a trecut la realizarea celui de al doilea tip de element cu combustie, cunoscut sub numele de element gazos cu combustie.

Elementul gazos cu combustie, realizat în U.R.S.S. de O.K. Davtian, se compune dintr'un electrod gazos de aer și unul de oxid de carbon între care se așează electrolitul. Cei doi electrozi gazoși sunt confecționați din tablă de oțel, cu grosimea de 1 mm, perforată. La electrodul de aer tabla de oțel este căptușită cu un amestec de Fe_2O_3 și Fe_3O_4. La electrodul de oxid de carbon, tabla de oțel este căptușită cu un amestec de Fe_2O_3 și pilitură de fier.

Intre cei doi electrozi se presează electrolitul de forma unei plăci, obținută prin sinterizarea unui amestec compus din carbonat de sodiu, bioxid de ceriu, trioxid de wolfram și silicat de sodiu. Intregul element este îmbrăcat într'o carcasă metalică prevăzută cu orificiile necesare conductelor de admisie a aerului și oxidului de carbon și de evacuare a bioxidului de carbon.

Principiul de funcționare a elementului cu combustie gazos este analog cu cel descris mai sus pentru elementul cu combustie solid.

Elementul cu combustie gazos prezintă marele avantaj de a putea fi legat de problema gazeificării subterane a cărbunelui. Incă la 21 Aprilie 1913, Vladimir Ilici Lenin a arătat în articolul său „Unul din mărețele succese ale tehnicii" publicat în ziarul Pravda, principiul gazeificării subterane a cărbunelui și transformarea energiei gazului rezultat în energie electrică. Lenin considera pe drept cuvânt că „printr'o astfel de revoluție a tehnicii, prețul de cost al curentului electric se va micșora până la o cincime sau poate până la o zecime din prețul actual".

Elementul cu combustie nu a depășit încă faza de laborator. Se poate afirma însă cu siguranță că nu este departe timpul când se vor crea generatori puternici de energie electrică, bazați pe arderea electrochimică a cărbunelui și când una din problemele de bază ale energeticei se va reduce la transformarea energiei gazelor, rezultate din gazeificarea subterană a cărbunelui, în energie electrică, cu ajutorul elementelor cu combustie.

Bibliografie

Socevanov V. G. — Elemente Galvanice — Gosenergoizdat — 1951.

Davtian O. K. — Problema transformării directe a energiei de combustie în energie electrică. Editura Academiei de Științe a U.R.S.S. — 1947.

Morozov G. G. și *Gautman .C A.* — Surse chimice de curent pentru alimentarea mijloacelor de telecomunicație — Editura militară — 1949.

Spijevschi I. I. — Baterii galvanice și acumulatori — Gosenergoizdat 1949.

Harahan L. T. — Fabricarea elementelor și bateriilor galvanice — Gosenergoizdat 1948.

★

ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И БАТТАРЕЙ В Р. Н. Р.

Резюме

Анализируется современная стадия развития производства гальванических элементов и баттарей в Р. Н. Р. и намечаются пути дальнейшего развития и модернизации на основе достижений в этой области в СССР.

Описываются различные типы гальванических элементов и баттарей и производится их анализ с точки зрения применяемых материалов, технологии производства и хода в эксплоатации. Предлагаются решения с учетом современных достижений в этой области.

ELECTROSECURITATEA ÎN EXPLOATAREA CONDENSATORILOR STATICI

Ing. GH. STOICESCU

Având în vedere că autodescărcarea condensatorilor necesită un timp îndelungat, în care timp sunt posibile electrocutări ale personalului de exploatare, tehnica securității recomandă ca bateriile de condensatori să fie prevăzute cu rezistențe de descărcare, care să permită descărcarea condensatorilor într'un timp scurt. In articol sunt examinate diferite cazuri ce se pot întâlni în practică și se dau formule de calcul a rezistențelor de descărcare. Oricare ar fi cazul, se indică ca timpul de descărcare să fie astfel ales, încât după trecerea acestui timp, tensiunea reziduală să nu depășească 40 V.

Condensatorii statici sunt astăzi foarte utilizați în diferitele aplicații ale energiei electrice, între care mai importante citâm : ameliorarea factorului de putere, reglarea tensiunii electrice în rețele (prin micșorarea pierderilor de energie reactivă în rețea, de care depinde pierderea de tensiune), pentru filtrarea curentului continuu pulsativ dat de redresori, etc. Din punct de vedere al tehnicei securității, condensatorii statici prezintă pericolul, că după deconectare, ei păstrează încă mult timp o încărcare reziduală, care poate produce electrocutarea personalului de exploatare.

Problema tehnicei securității la exploatarea condensatorilor statici este deci de a stabili valoarea acestei sarcini reziduale, a pericolelor ce rezultă pentru personalul de exploatare și în sfârșit a reduce cât mai mult durata timpului cât condensatorii mai rămân încărcați după deconectarea dela sursa de curent.

1. INCĂRCAREA REZIDUALĂ

In momentul când condensatorul static a fost scos de sub tensiune, el mai păstrează încă o încărcare reziduală egală cu :

$$Q = CU_0$$

în care :

Q — cantitatea de electricitate în coulombi ;

C — capacitatea în farazi ;

U_0 — tensiunea reziduală în volți.

In cazul curentului continuu tensiunea reziduală U_0 este egală cu tensiunea sursei ; în cazul curentului alternativ se poate ca tensiunea să varieze în funcție de procesul transitoriu și poate atinge în mod practic valori de 2 U_m (în care U_m este tensiunea maximă a alternanței).

Dacă în circuitul de încărcare al condensatorului există o inductanță L, rezistența activă R a circuitului fiind formată de rezistența internă a sursei de alimentare și de conductele de legătură și dacă circuitul de încărcare corespunde relației :

$$R < \sqrt{\frac{4L}{C}}, \qquad (1)$$

se produc după deconectare oscilații care ulterior se amortizează, la începutul cărora tensiunea reziduală a condensatorului poate avea o valoare de 3 U_m sau chiar mai mult.

Din contră dacă relația (1) devine :

$$R > \sqrt{\frac{4L}{C}},$$

sistemul nu mai are o frecvență proprie, iar oscilațiile se sting dela prima alternanță.

Dacă tensiunea reziduală U_0 are o mărime suficientă sau condensatorul este de mare capacitate, atingerea părții conductoare a unui condensator poate provoca o electrocutare.

Condensatorul se descarcă — în corpul omenesc — printr'un curent care variază după o curbă exponențială :

$$i = \frac{U_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \qquad (2)$$

în care :

i — curentul de descărcare în amperi ;

U_0 — tensiunea reziduală în volți ;

R — rezistența corpului în ohmi ;

C — capacitatea condensatorului în farazi.

Dacă se cunoaște tensiunea reziduală U_0 în momentul inițial, R — rezistența corpului omenesc în ohmi și t — timpul de descărcare se poate

trasa curba din fig. 1, luând pe $t = 0$, $t = RC$, $t = 2RC$, $t = 3\ RC$, etc.

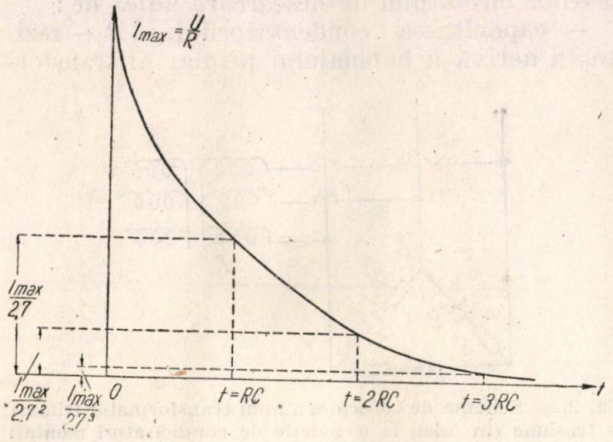


Fig. 1.

Deoarece R este considerat ca o valoare constantă, urmează deci că și tensiunea reziduală va scădea deasemenea după o curbă exponențială asemănătoare cu cea din figura 1, corespunzătoare ecuației :

$$u = U_0 e^{-\frac{t}{RC}} \qquad (3)$$

Din ecuațiile (2) și (3) rezultă că viteza de scădere a curentului de descărcare (i) și a tensiunii reziduale (u), depind de produsul RC, adică de constanta de timp a circuitului de descărcare. Durata de descărcare a unui condensator ar fi aproximativ aceea pentru care valoarea tensiunii reziduale este apropiată de zero, pentru orice tensiune utilizată în exploatarea condensatorilor.

In U.R.S.S. se utilizează condensatori statici montați în serie, pentru micșorarea puterii reactive a rețelei — în scopul reglării tensiunii — la tensiuni de 110 kV și chiar mai mult. Din acest motiv este rațional a adopta o durată de descărcare egală cu timpul :

$$t = 10\ RC \qquad (4)$$

pentru care tensiunea reziduală va scădea la valoarea :

$$u = U_0 e^{-10} = 0{,}000\ 05\ U_0 . \qquad (5)$$

Aplicând relația de mai sus pentru cazul unor condensatori funcționând la 110 kV, tensiunea reziduală ar fi :

$$u = 0{,}000\ 05 \times 110\ 000 = 5{,}5\ \text{V}$$

deci o tensiune nepericuloasă în condiții normale.

Cantitatea de căldură degajată care ar putea provoca arsuri prin descărcarea condensatorilor în cazul atingerii părților conducătoare de curent se exprimă prin relația :

$$q = 0{,}24\ \frac{CU_0^2}{2}$$

în care :

q — cantitatea de căldură în calorii ;

C — capacitatea în farazi ;

U_0 — tensiunea reziduală a condensatorilor în volți.

Tensiunea reziduală U_0 se va lua în cazul curentului alternativ, egală cu $2\ U_{nom}$, iar în cazul curentului continuu se va lua egală cu U_{nom}.

2. UTILIZAREA REZISTENȚELOR DE DESCĂRCARE

Condensatorii încărcați, după ce au fost deconectați dela sursă, se autodescarcă în timp, datorită imperfecțiunii izolației condensatorului. Rezistența izolației condensatorului este în general foarte ridicată cuprinsă între 50... 100 meghohmi așa că această autodescărcare poate să dureze mult timp. Rezultă deci că în timpul între o deconectare și o nouă conectare, personalul de exploatare ar fi expus accidentelor, dacă ar atinge părțile conducătoare ale condensatorului.

Dacă vom lua în considerare o baterie de condensatori având o capacitate de $C = 50.10^{-6}$ farazi, la care rezistența izolației R_c ar fi cuprinsă între 50...100 megohmi rezultă aplicând relația (4) în care am înlocuit valoarea lui R cu R_c că :

$$t = 10\ R_c C = 10\ (50 \ldots 100).\ 50.10^{-6} =$$
$$(25 \ldots 50)\ 10^3 \text{ secunde} = 7 \ldots 14 \text{ ore.}$$

Presupunem că tensiunea aplicată acestei baterii de condensatori ar fi de 10 kV și că pentru a ajunge la o tensiune de 40 V (nepericuloasă) este necesar un timp $t = 6\ R_c C$, atunci timpul cât condensatorii se află încă sub o tensiune periculoasă ar fi :

$$t = 6\ (50 \ldots 100).10^6.50.10^{-6} = 4 \ldots 8 \text{ ore.}$$

Din exemplul numeric de mai sus se vede că nu putem să ne bazăm — în exploatare — pe feno-

menul autodescărcării condensatorului, deoarece durata acestei autodescărcări este mare și prezintă pericolul unei eventuale electrocutări.

Este necesar deci a prevede introducerea în circuitul condensatorului deconectat a unei rezistențe de descărcare care să asigure scurtarea timpului de descărcare.

Vom scrie relația (3) sub forma :

$$U_{adm} = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{R_d C}} \qquad (5)$$

în care :

U_{adm} — tensiunea nepericuloasă admisă în volți ;

t — timpul, din momentul deconectării până în momentul când tensiunea reziduală devine U_{adm}, în secunde ;

R_d — rezistența de descărcare în ohmi.

Scriind relația (5) sub forma :

$$\frac{U_0}{U_{adm}} = e^{\frac{t}{R_d C}}$$

și apoi trecând la logaritmul neperian al expresiei de mai sus, obținem :

$$\ln \frac{U_0}{U_{adm}} = \frac{t}{R_d C} \ln e = \frac{t}{R_d C}$$

de unde :

$$R_d = \frac{t}{C \ln \frac{U_0}{U_{adm}}} \text{ (în ohmi)} \qquad (6)$$

Valoarea timpului de descărcare t din relația (6), trebue aleasă astfel ca să asigure o descărcare suficient de rapidă, din considerațiunile care au fost mai sus arătate. Se recomandă în orice caz ca în imediata apropiere a condensatorilor să fie vizibil scris și cunoscut de personalul de exploatare, prin instructaj — timpul în care după conectarea rezistenței de descărcare, tensiunea reziduală a condensatorilor a scăzut la o valoare nepericuloasă, în general sub 40 V.

Se poate utiliza cu succes ca rezistențe de descărcare a condensatorilor, bobinajele mașinilor electrice rotative sau a transformatorilor, cu care sunt conectați. Astfel în instalațiile unde se utilizează condensatorii — ca mijloc pentru ameliorarea factorului de putere — se pot utiliza transformatori de măsură a tensiunilor, ca rezistențe de descărcare.

In fig. 2 este arătată o schemă de conectare a unui transformator trifazic de tensiune (în ulei) tip HTM—6 de fabricație sovietică la o baterie de condensatori montați în triunghi la o instalație de 6 kV pentru ameliorarea factorului de putere. Vom examina mai jos, cum va acționa ca rezistență de descărcare acest transformator de măsură, la deconectarea bateriei de condensatori, dela sursa de tensiune.

Scăderea în timp a curentului și tensiunii reziduale a condensatorilor în cazul schemei din fig. 2 poate fi determinată de valoarea parametrilor circuitului de descărcare adică de : C — capacitatea condensatorilor, R — rezistența activă a bobinajului primar al transformatorului de tensiune și X_L — reactanța inductivă a bobinajului primar al transformatorului de tensiune, la frecvența de 50 Hz.

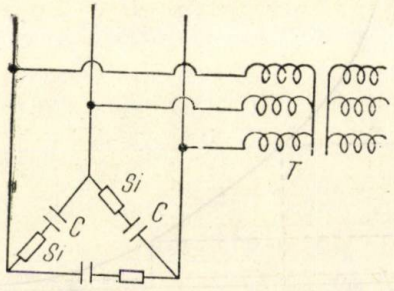


Fig. 2. — Schema de conectare a unui transformator trifazat de tensiune (în ulei) la o baterie de condensatori montați în triunghi :
T— transformator trifazat de tensiune la 6 kV ; C— condensatori montați în triunghi ; Si — siguranțe.

Pentru transformatorul HTM—6 avem : $R = 1485$ ohmi iar $X_L = 265\,000$ ohmi ; pentru pulsație : $\omega = 2\pi \cdot f = 2\pi \cdot 50$. Având în vedere că $X_L = L\omega = 265\,000$ ohmi, rezultă că

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{265\,000}{2\pi \cdot 50} = 844 \text{ Henry}$$

Aplicând relația (1) avem :

$$1485 < \sqrt{\frac{4 \times 844}{C}}$$

Intr'adevăr dacă C ar fi egal cu 50.10^{-6} farazi, ecuația de mai sus devine :

$$1485 < \sqrt{\frac{4 \times 844 \times 10^6}{50}} .$$

In această situație descărcarea condensatorilor se va face în primarul transformatorului de tensiune sub forma unei tensiuni oscilante periodice amortizate, a cărei amplitudine descrescătoare va fi :

$$U = U_0 e^{-bt}$$

în care :

$$b = \frac{R}{2L} \text{ — coeficientul de amortizare.}$$

In acest caz al descărcării prin transformatorul de tensiune HTM—6, tensiunea reziduală a condensatorilor va fi după timpul $t_1 = \frac{1}{b} = \frac{2L}{R} =$ $= 1{,}17$ secunde, egală cu :

$$u = U_0 e^{-1} = 0{,}37\ U_0.$$

După timpul $t_2 = \frac{6}{b} = \frac{12L}{R} \sim 7$ secunde, tensiunea reziduală va deveni :

$$u = U_0 \cdot e^{-6} = 0{,}0025\ U_0.$$

Dacă vom considera valoarea inițială a tensiunii reziduale U_0 ca de două ori valoarea tensiunii nominale a sursei de curent adică 2×6 kV$=12$ kV, rezultă că ecuația de mai sus devine :

$$u = 0{,}0025 \times 12\,000 = 30 \text{ V}.$$

Această tensiune nu este periculoasă și o putem obține în 7 secunde după deconectarea sursei de alimentare prin descărcarea automată a condensatorilor în primarul transformatorului de 6 kV.

In cazul electromotoarelor asincrone de puteri importante, la care ameliorarea factorului de putere se face local prin aplicarea unei baterii de condensatori montată în triunghi ce se conectează la borne, se pot utiliza bobinajele statorului electromotorului ca mijloc de descărcare a condensatorilor.

Și în acest caz ca și la transformatorii de tensiune, descărcarea se obține automat, când se deconectează electromotorul dela linia de alimentare.

In fig. 3 este arătată o astfel de instalație.

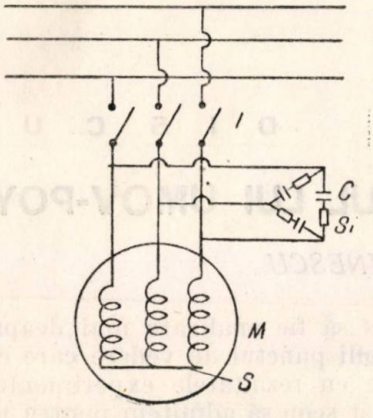


Fig. 3.
M — electromotor asincron ; *S* — statorul electromotorului ; *C* — condensatori ; *Si* — siguranța ; *I* — întrerupători.

Și în cazul din fig. 3 se va stabili timpul necesar al descărcării pentru a ajunge la tensiunea nepericuloasă — sub 40 V — și acest timp va fi indicat pe o placă vizibilă în imediata apropiere a condensatorilor.

In cazul când unei baterii de condensatori nu i se poate asigura o descărcare automată — după deconectare — trebue prevăzute dispozitive speciale de descărcare. Rezistențele de descărcare se calculează cu ajutorul relației (6), luându-se U_{adm} de circa 40 V sau eventual mai puțin dacă sunt condiții speciale de lucru, cum ar fi încăperile cu pericol mărit, din cauza umezelii locale.

In fig. 4 este arătată schema unei instalații de descărcare a unei baterii de condensatori de mare capacitate de genul celor care se montează în substații, la care conectarea rezistenței de descărcare se face cu ajutorul unui întrerupător, la care dispozitivul de acționare cu bobină este blocat electric prin întreruptorul bateriei de condensatori. Acționarea electrică

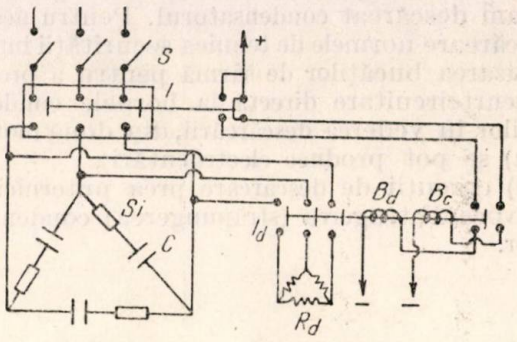


Fig. 4. Schema unei instalații de descărcare a unei baterii de condensatori de mare capacitate :
S — separatori ; *I* — întrerupătorul în ulei al bateriei de condensatori ; *C* — condensatori ; *Si* — siguranțe ; I_d — întrerupătorul de descărcare ; R_d — rezistența de descărcare ; B_d — bobină care deconectează ; B_c — bobina care conectează.

a întreruptorilor *I* și I_d se face cu ajutorul unei surse separate de curent continuu de joasă tensiune.

In fig. 5 se arată o soluție tehnică mai simplă a problemei descărcării automate a condensatorilor de mare capacitate, la care se realizează o blocare mecanică între separatorul rezistențelor de descărcare și separatorul de bare al întreruptorului bateriei de condensatori.

In cazul când — în unele situații — se prevăd rezistențe de descărcare care sunt legate în permanență la bornele condensatorilor, va trebui ținut seama de pierderile de energie a căror mărime trebue să fie cât mai reduse în comparație cu pierderile din condensator, astfel ca respectiva instalație să nu ridice prea mult costul exploatării.

In schemele date s'au prevăzut pentru protejarea condensatorilor siguranțe fuzibile. In cursul exploatării, aceste siguranțe se pot topi și ca urmare condensatorul rămâne încărcat, neputând să-și îndeplinească nici funcția sa în

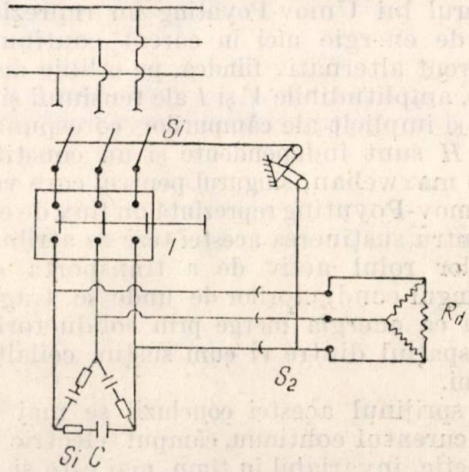


Fig. 5
S_1 — separatorul de bare ; *I* — întrerupătorul bateriei de condensatori în ulei ; *C* — condensatori ; *Si* — siguranțe ; S_2 — separatorul rezistenței de descărcare ; R_d — rezistența de descărcare.

poziția de conectare și nici nu se va putea descărca în rezistența sa de descărcare. Pentru ca să repunem condensatorul în funcțiune trebue să înlocuim siguranța defectă, bineînțeles după ce am descărcat condensatorul. Pentru această descărcare normele de tehnica securității interzic utilizarea bucăților de sârmă pentru a provoca o scurtcircuitare directă la bornele condensatorilor în vederea descărcării, din două motive :

a) se pot produce electrocutări ;

b) curenții de descărcare prea puternici pot provoca distrugerea (străpungerea) condensatorilor.

Pentru descărcarea directă la bornele condensatorului, necesară în acest caz, se vor utiliza rezistențe de descărcare transportabile, iar manevrarea acestora se va face de personalul de exploatare, în raport cu tensiunea de serviciu a condensatorilor, după normele generale de tehnica securității la exploatarea tensiunii respective.

Bibliografie

A. I. Cuznețov : Tehnica securității în instalațiile electrice. Ed. Tehnică, 1952.

V. I. Corolcova : Electrosecuritatea, I.D.T., 1953.

★

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЭКСПЛОАТАЦИИ СТАТИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ

Резюме

Ввиду того что для саморазряда конденсаторов необходимо продолжительное время, в течение которого возможно поражение током эксплоатационного персонала, техника безопасности рекомендует чтобы конденсаторные батареи были предусмотрены разрядными сопротивлениями которые разряжали бы конденсаторы в короткое время.

В статье рассматриваются различные случаи могущие встретится в практике и дается рассчет разрядных сопротивлений.

Указывается, что во всех случаях, время разряда должно быть так выбрано, чтобы по истечении этого времени остаточное напряжение не превосходило 40 в.

D I S C U Ț I I

PRECIZIUNI CU PRIVIRE LA VECTORUL LUI UMOV-POYNTING

Prof. Ing. I. CONSTANTINESCU

In Nr. 5 (1951) al acestei reviste, s'a arătat că vectorul lui Umov-Poynting se aplică și în curent continuu în cazul când linia de transmisie este suficient de lungă și dacă pierderile în conductori și în dielectricul dintre ei sunt neglijabile.

In Nr. 1—2 (1952) se arată din contră că vectorul lui Umov-Poynting nu reprezintă un flux de energie nici în curent continuu, nici în curent alternativ fiindcă, pe o linie de transmisie, amplitudinile V și I ale tensiunii și curentului și implicit ale câmpurilor corespunzătoare E și H sunt independente și nu constitue un câmp maxwelian, singurul pentru care vectorul lui Umov-Poynting reprezintă un flux de energie.

Pentru susținerea acestei teze se atribue electronilor rolul activ de a transporta energie dealungul conductorilor de unde se trage concluzia că energia merge prin conductori și nu prin spațiul dintre ei cum susțin ceilalți electricieni.

In sprijinul acestei concluzii se mai afirmă că în curentul continuu, câmpul electric și cel magnetic, invariabil în timp, mai este și imobil în spațiu.

Față de această situație controversată, se cuvine ca atât premizele cât și concluziile la care s'a ajuns să fie analizate mai deaproape spre a se stabili punctul de vedere care corespunde mai bine cu rezultatele experimentale.

In acest scop să admitem pentru moment că transportul energiei se face prin electroni sau mai bine zis prin curentul de electroni ce trece prin unul din conductorii liniei de transmisie.

In acest caz afirmația că, în curent continuu, câmpul electric este imobil, nu se mai poate justifica, fiindcă dacă electronii se deplasează, trebue ca odată cu ei să se deplaseze și câmpul electric corespunzător.

Aci se pune în mod natural întrebarea : cine este agentul motor al transportului de energie ?

In această privință este greu de admis că electronii se deplasează din propria lor inițiativă, fiindcă toate faptele experimentale arată că electronii se deplasează numai sub acțiunea forțelor care lucrează asupra lor, în speță sub acțiunea liniilor electrice de forță.

Aceste linii de forță perpendiculare pe cei doi conductori ai liniei de transmisie, fig. 1 sunt după cum se știe concepute ca niște linii care au tendința de a se scurta prin tensiunea ce se exercită dealungul lor și de a se deplasa lateral prin presiunea ce exercită unele asupra altora.

Sub acțiunea acestei presiuni, liniile electrice se deplasează lateral cu o anumită viteză care depinde de proprietățile dielectricului dintre cei doi conductori.

In deplasarea lor dela sursă spre sarcină, liniile electrice de forță, ce se termină pe conductori la așa numitele sarcini corespondente, trag după ele aceste sarcini dând naștere unui curent electric.

Curentul electric trebue deci privit atunci ca un efect secundar datorit deplasării câmpului electric. Tot prin deplasarea câmpului electric ia naștere câmpul magnetic perpendicular, și pe direcția liniilor electrice de forță și pe direcția deplasării acestor linii.

Se poate spune deci că un câmp magnetic nu este altceva decât un câmp electric în mișcare și ca atare el reprezintă oarecum forțe de inerție pe când câmpul electric reprezintă forțe elastice.

Cu aceasta nu am răspuns încă la întrebarea : unde se găsește energie ? în conductori sau în câmpul electromagnetic exterior.

In mod obișnuit se spune că energia este acolo unde este forța, adică acolo unde este câmpul electromagnetic.

Astfel de exemplu, energia electrostatică a unui conductor este dată de expresia :

$$W_0 = \frac{1}{2} C U^2 \tag{1}$$

și această energie se găsește după cum se știe, în spațiul dintre cele două armături.

Densitatea acestei energii în unități raționalizate este cu notațiile cunoscute,

$$\frac{1}{2} \varepsilon' E^2 \tag{2}$$

Deasemenea energia magnetică a unui solenoid străbătut de curentul I este :

$$W_m = \frac{1}{2} L I^2 \tag{3}$$

Această energie se găsește în spațiul din interiorul solenoidului și densitatea ei este :

$$\frac{1}{2} \mu' H'^2 \tag{4}$$

Pe o linie de transmisie, pe care avem atât energie electrostatică, înmagazinată în câmpul electric, cât și energia magnetică înmagazinată în câmpul magnetic, nu avem nici un motiv să spunem că energia nu s'ar mai găsi în spațiul dintre conductori și că de data aceasta ea se găsește în interiorul conductorilor.

Trecem acum la obiecțiunea care pare cea mai serioasă și anume, aceea că pe o linie de transmisie în curent continuu și în curent alternativ tensiunea V și curentul I (fig. 1) sunt mărimi independente și că prin urmare câmpurile corespunzătoare E și H nu constitue un câmp maxwelian.

Prin câmp maxwelian se înțelege desigur câmpul electromagnetic care satisface ecuațiile

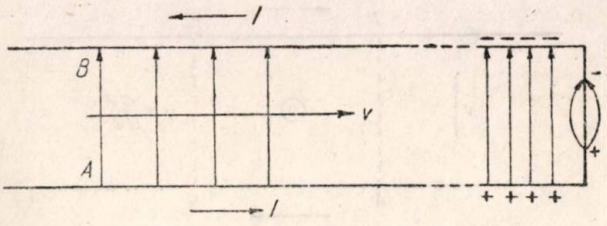


Fig. 1.

lui Maxwell, fie sub forma lor diferențială

$$\text{rot } E = -\mu \frac{\partial H}{\partial t} \tag{5}$$

$$\text{rot } H = g E + \varepsilon \frac{\partial E}{\partial t} \tag{6}$$

sau sub forma lor integrală :

$$\int_c F_s \, ds = -\iint \mu \frac{\partial H_n}{\partial t} \, ds \tag{7}$$

$$\int_c H_s \, ds = \iint \left(g E_n + \varepsilon \frac{\partial E_n}{dt} \, ds \right) \tag{8}$$

Mărimile g, ε, μ sunt respectiv conductivitatea, constanta dielectrică și permeabilitatea mediului în punctul considerat.

In ambele forme mărimile sunt exprimate aci în unități raționalizate.

Pentru a exprima sub aceeași formă ambele ecuații vom zice că :

$$\mu \frac{\partial H}{dt} = \frac{\partial B}{\partial t}$$

reprezintă densitatea curentului magnetic de deplasare, după cum :

$$\varepsilon \frac{\partial E}{\partial t} = \frac{\partial D}{\partial t}$$

reprezintă densitatea curentului electric de deplasare. In regim periodic acești curenți au respectiv ca expresie $j\omega\mu H$ și $j\omega\varepsilon E$ unde $j = \sqrt{-1}$

Cu aceste definiții prima ecuație (7) ne spune că, forța electromotoare dealungul unui conductor închis C este egală cu fluxul curentului magnetic, luat cu semn schimbat, ce trece prin orice suprafață S care se sprijină pe conturul C.

Deasemenea a doua ecuație (8) ne spune că forța magnetomotoare dealungul unui contur închis C este egală cu fluxul curentului electric (de conducțiune și de deplasare), luat cu semnul lui, ce trece prin orice suprafață S ce se reazemă pe acel contur.

Să aplicăm aceste ecuații conturului $ABCD$ luat pe o linie de transmisie parcursă de un curent alternativ de pulsație unghiulară ω (fig. 2) și presupunând $AB = CD = 1$.

Cu sensul luat ca pozitiv pentru curentul I fluxul magnetic Φ și implicit curentul magnetic

$j\omega\Phi = j\omega LI$ este dirijat de jos în sus (figura fiind presupusă orizontală).

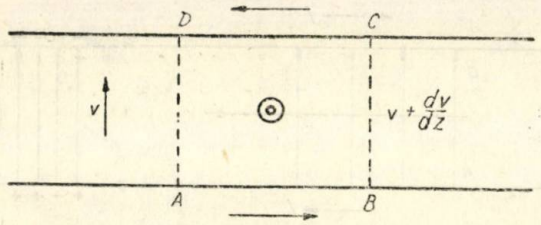


Fig. 2

Forța electromotoare dealungul conturului închis $ABCD$ va fi după (7) :

$$V_{AB} + V_{BC} + V_{CD} + V_{DA} = -j\omega LI \qquad (9)$$

Insemnând cu R rezistența electrică a circuitului pe unitatea de lungime, căderea de tensiune pe porțiunile AB și CD va fi :

$$V_{AB} + V_{BC} = RI \qquad (10)$$

Ceilalți doi termeni din (9) reprezintă variația tensiunii transversale V pe unitatea de lungime. Deci :

$$V_{BC} + V_{DA} = V_{BC} - V_{AD} = \frac{\partial V}{\partial z} \qquad (11)$$

Făcând înlocuirile în (9) găsim ecuația tensiunilor

$$RI + \frac{\partial V}{\partial z} = -j\omega LI \qquad (12)$$

ce rezultă din prima ecuație (7) a lui Maxwell.

Această ecuație se mai scrie

$$\frac{dV}{dz} = -(R + j\omega L)\ I \qquad (13)$$

Pentru a aplica cea de a doua lege (8) a lui Maxwell, să luăm pe suprafața cilindrică a unuia din conductori conturul închis $ABCDEFA$ (fig. 3), în care

$$AB = DE = 1$$

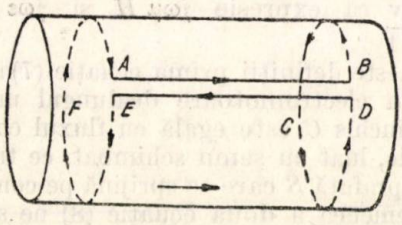


Fig. 3

Forța magnetomotoare dealungul acestui contur este egală cu curentul care străbate lateral suprafața conductorului limitată de acest contur.

Forța magnetomotoare dealungul segmentelor AB și DE este nulă deoarece câmpul magnetic nu are componente longitudinale (paralele cu curentul), și chiar dacă ar avea, forța magnetomotoare dealungul lui AB este egală și de sens contrar cu cea dealungul lui DE.

Rămân numai porțiunile circulare EFA și BCD străbătute respectiv de curenții

$$I \text{ și } I - \frac{dI}{dz}$$

Diferența lor :

$$-\frac{dI}{dz}$$

reprezintă forța magnetomotoare căutată.

Curentul care iese din conductor prin suprafața limitată de conturul $ABCDEFA$ este curentul de conducțiune GV care trece dela un conductor la altul prin conductanța G a dielectricului și curentul de deplasare $j\omega CV$ care trece prin capacitatea C dintre cei doi conductori pe unitatea de lungime.

A doua ecuație a lui Maxwell (8) ne dă atunci ecuația curenților :

$$\frac{dI}{dz} = -(G + j\omega C)\ V \qquad (14)$$

Din cele ce preced se vede că ecuațiile (13) și (14) nu sunt altceva decât ecuațiile lui Maxwell sub o altă înfățișare. Ele definesc propagarea undelor de tensiune și de curent dealungul unei linii de transmisie și motivul pentru care ele sunt preferate ecuațiilor propriu zise ale lui Maxwell, este faptul că la frecvențe moderate, tensiunea și curentul sunt mărimile ce se pot măsura mai cu ușurință. La frecvențe foarte înalte, din contra mărimile ușor măsurabile sunt câmpul electric și cel magnetic, pe când curenții și tensiunile sunt inaccesibile instrumentelor de măsură.

Ecuațiile (13) și (14) arată însfârșit că mărimile V și I și câmpurile corespunzătoare nu sunt independente cum s'a afirmat în articolul precitat și în consecință unda electromagnetică ce se propagă dealungul liniei de transmisie este tot atât de maxwelliană ca și unda electromagnetică din spațiul liber.

Mărimile V și I par a fi independente numai atunci când linia de transmisie nu este destul de lungă sau când ea nu este terminată prin impedanța ei caracteristică. In acest caz sarcina nu absoarbe toată puterea ce vine de pe linie și dă loc la reflexiuni de curent sau de tensiune, adică unui regim turburat de propagare.

In acest caz, pentru a aplica vectorul lui Poynting, ar trebui să ținem seama de toate undele directe și reflectate care se suprapun spre a da regimul turburat.

In mod practic se poate spune că vectorul lui Umov-Poynting se aplică ori de câte ori fluxul de energie se propagă într'un singur sens.

Pentru a pune în evidență și mai bine faptul că o undă electromagnetică ce se propagă dealungul unor conductori nu diferă de o undă electromagnetică radiată în spațiul liber, să considerăm o linie de transmisie având forma din fig. 4.

Să considerăm pe această linie două linii de forță situate la o jumătate de lungime de undă

depărtare una de cealaltă. Fiecare linie de forță se termină la sarcinile corespondente + și — după cum se vede în fig. 4.

Dacă conductorii și dielectricul dintre ei sunt perfecți, aceste linii se propagă cu viteza :

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}}$$

adică cu viteza luminii sau a oricărei unde electromagnetice.

Prin urmare în momentele următoare acestei linii vor fi în pozițiile arătate succesiv de figurile 4 *b*, 4 *c*, 4 *d*, 4 *e*.

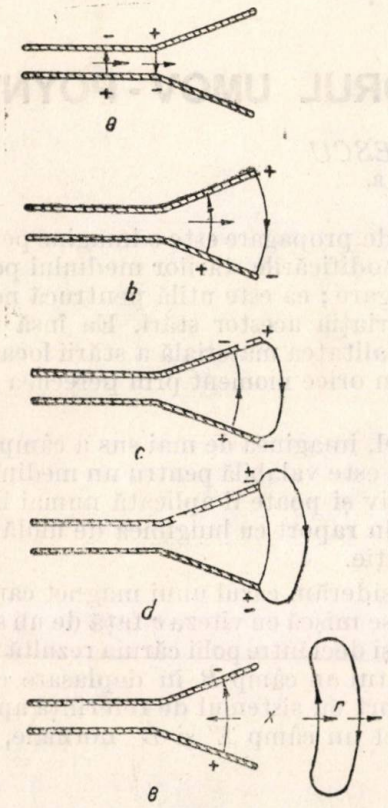


Fig. 4.

Când sarcinile terminale ale primei linii de forță ajung la capătul celor doi conductori, fig. 4 *c*, linia de forță se întinde însă rămâne încă legată de aceste sarcini.

Când însă sarcinile terminale ale liniei următoare ajung în același punct, ele se combină cu sarcinile de semn contrar ale primei linii și cele două linii de forță formează atunci o buclă închisă care nu mai este reținută de nicio sarcină pe conductori.

Bucla continuă atunci să se deplaseze mai departe cu aceeași viteză, v, a undelor electromagnetice (fig. 4 *e*).

Radiația începe deci în momentul când unda se desprinde de conductor.

Mulți autori zic însă cu drept cuvânt că și unda electromagnetică care merge dealungul conductorilor este tot o undă radiată fiindcă mecanismul propagării este același în ambele cazuri și între ele nu există altă diferență decât aceea că una din ele este ghidată dealungul conductorilor iar cealaltă este o undă liberă, în spațiu.

Nu se poate admite deci că energia electrică se transportă prin electroni până la capătul liniei și aci dintr'o dată energia se transformă în undă electromagnetică radiată în spațiul liber. După cum am arătat unda este aceeași și înainte și după desprinderea ei de conductori.

Dacă așa stau lucrurile, întrebarea este unde este greșeala când se afirmă că energia electrică se transmite prin conductori și nu prin spațiul dintre conductori.

Greșeala este în interpretarea modului clasic de prezentare al fenomenelor electrice.

In electrotehnică se vorbește în general numai de tensiune și de curent și se face abstracție de câmpuri. Din această cauză se produc uneori încurcături serioase.

Astfel când energia transportată pe o linie de transmisie se exprimă sub forma :

$$U = Q\ V\ i$$

unde i este viteza electronilor, pare a rezulta că energia se transmite prin conductori fiindcă din obișnuință se consideră că mărimile Q, V și i aparțin conductorilor.

Se scapă însă din vedere faptul că diferența de potențial V nu aparține conductorilor ci spațiului dintre conductori, fiind tensiunea transversală dintre acești conductori.

Acest lucru se poate vedea ușor dacă considerăm linia de forță AB care pleacă transversal dela conductorul *1* la conductorul *2* al unei linii de transmisie.

Diferența de potențial între A și B este definită după cum se știe, de circulația vectorului E dealungul acestei linii, adică de relația ;

$$V_{AB} = \int_{AB} F_s\, ds$$

Ori această relație ne arată că energia se găsește acolo unde este lucrul mecanic $E_s\, ds$, adică în spațiul dintre conductori.

Prin urmare ținând seama de acest lucru nu se mai poate spune că energia merge prin conductori. Ea merge neapărat prin spațiul dintre conductori.

In conductori se găsește numai energia RI^2 datorită câmpului electric longitudinal $E = RI$ din conductori, R fiind rezistența pe unitate de lungime.

Această energie se transformă în efect Joule-Lenz și este pierdută pentru transmisie.

La limita când conductorul este perfect, ($R = 0$), câmpul în interiorul lui este nul și toată energia se propagă numai prin spațiul dintre conductori. In rezumat se poate spune că la un circuit de transmisiune trebue considerate două componente de tensiune : tensiunea transversală care corespunde energiei transmise dealungul circuitului și tensiunea longitudinală, care corespunde energiei transformată în efect Joule-Lenz.

Un ultim argument pentru a arăta că și în curent continuu câmpul electric nu este imobil stă în mecanismul prin care se explică absorpția energiei la recepție. Intre firele liniei există o diferență de potențial respectiv un câmp electric așa cum se vede în fig. 1.

In tendința ce o au liniile de forță de a se scurta, linia de forță dela bornele sarcinei trage după sine sarcinile corespondente și când distanța dintre cele două sarcini egale și de semne contrarii este nulă, sarcinile se neutralizează și linia de forță corespunzătoare dispare.

Locul vacant lăsat de linia de forță dispărută este ocupat de linia de forță următoare. In felul acesta se vede că liniile de forță nu sunt imobile, ci se deplasează lateral de-a-lungul liniei până la sarcină, unde energia înmagazinată în ele este absorbită de sarcină, fie total sub forma de efect Joule-Lenz fie parțial sub această formă și parțial sub formă de lucru mecanic reprezentat prin produsul dintre forța contra-electromotoare și curent.

OBSERVAȚII LA ARTICOLUL: „PRECIZIUNI CU PRIVIRE LA VECTORUL UMOV - POYNTING"

Prof. dr. ing. T. TĂNĂSESCU
Membru coresp. al Academiei R. P. R.

1. La început se afirmă că teza prof. Vasilescu-Karpen în privința transmisiei energiei electrice dealungul unei linii nu este justă pentrucă se face ipoteza nu numai a unor câmpuri (electrice și magnetice) invariabile în timp, dar se mai presupune că sunt și imobile în spațiu. Deci prof. I. Constantinescu crede că numai dacă s'ar lua în considerare o deplasare a câmpurilor, numai atunci s'ar putea aplica în acest caz teorema lui Umov-Poynting.

Este însă de observat mai întâi că starea electromagnetică a spațiului în jurul unui punct este definită de E și B, funcțiuni de timp în general, căci ecuațiile locale ale lui Maxwell, conțin numai pe E și B, funcțiuni punctuale; ecuațiile lui Maxwell, deci starea electromagnetică în jurul unui punct, nu depinde de ideea ce ne-o facem noi uneori, că acești E și B punctuali ar proveni din niște câmpuri E' și B', care s'ar deplasa cu o anumită viteză.

Deci, când examinăm o stare electromagnetică a spațiului în jurul unui punct, este suficient a considera pe E și B local, funcțiuni de timp; *nu este nevoie a privi acești vectori din ecuațiile lui Maxwell ca rezultând din deplasarea altor vectori.*

Analizând din acest punct de vedere concepția prof. I. Constantinescu, constatăm că ea este bazată pe concluzia ce se trage uneori pe baza ecuațiilor lui Maxwell, că o perturbare electromagnetică se propagă cu o viteză finită; de aci rezultă că distribuția câmpului în spațiul liber pe direcția propagării și variația lui în timp într'un punct, în cazul unei perturbări armonice, poate fi considerată ca provenind dintr'o undă invariabilă în timp, care se deplasează în spațiu cu viteza de propagare.

Dar acest mecanism de găsire a valorilor lui E și B, în fiecare punct, nu poate înlocui realitatea stării mediului, care în fiecare punct depinde numai de valorile locale ale acestor câmpuri, valori care în general, sunt funcțiuni de timp.

Unda de propagare este o imagine pentru a ne explica modificările stărilor mediului pe direcția de propagare; ea este utilă pentrucă ne coordonează variația acestor stări. Ea însă nu poate înlocui realitatea materială a stării locale, caracterizată în orice moment prin perechea de valori E, B.

Dealtfel, imaginea de mai sus a câmpurilor în deplasare este valabilă pentru un mediu omogen, nedispersiv și poate fi aplicată numai în puncte departe, în raport cu lungimea de undă, de sursa de excitație.

Să considerăm cazul unui magnet care în spațiul liber se mișcă cu viteza v față de un sistem de referință și deci între polii căruia rezultă în raport cu magnetul un câmp B în deplasare cu viteza v. In raport cu sistemul de referință apar în fiecare punct un câmp E' și B' normale, care au valorile:

$$E' = \frac{v}{c} B$$

$$B' = B \sqrt{1 + \frac{v^2}{c^2}}$$

Starea mediului dintr'un punct din întrefier poate fi caracterizată fie prin B ($E = 0$) în raport cu sistemul de referință al magnetului, fie prin B' și E' în raport cu sistemul nostru de observare.

Se vede cum în acest caz nu se poate construi o imagine de câmpuri în propagare; un câmp electromagnetic (B, $E = 0$) în raport cu sistemul în deplasare nu coincide cu câmpul electromagnetic (B',E'), în raport cu observatorul, cu toate că ambele câmpuri corespund la una și aceeași stare electromagnetică a mediului.

Deci, în considerarea stării electromagnetice într'un spațiu, este suficient a fi considerate valorile locale ale lui E și B precizând sistemul de referință la care sant raportate; nu are sens

a se pune problema mobilității în spațiu a câmpurilor pe baza ideii de propagare fiindcă noțiunea de mișcare împrumutată din mecanică nu este aplicabilă câmpului electromagnetic, cum încearcă să facă prof. I. Constantinescu.

Pe de altă parte, teorema lui Umov-Poynting, după cum s'a arătat în Nr. 10 (1952) din revista „Electricitatea", este valabilă în orice regim al câmpului electromagnetic (static, staționar sau variabil) fără a se face vreo ipoteză asupra mobilității câmpurilor. Dealtfel, vectorul Umov-Poynting este definit prin produsul vectorial al câmpurilor locale, într'un punct al spațiului. Pe de altă parte, puterea transferată, adică fluxul vectorului Umov-Poynting nu presupune vreo deplasare.

Deci concluziile nejuste din articolul prof. Vasilescu-Karpen nu sunt datorite neluării în considerare a mobilității câmpului, așa cum încearcă să justifice prof. Constantinescu. O analiză exactă a fenomenelor este dată în „Electricitatea" Nr. 10 (1952).

2. Mai departe, tov. Constantinescu vrea să arate mobilitatea câmpului electric și spune: „dacă electronii se deplasează (în conductori), trebue ca odată cu ei să se deplaseze și câmpul electric corespunzător".

Aci trebue să observăm mai întâi că în teorema lui Umov-Poynting intervine câmpul macroscopic, media statistică locală a câmpurilor elementare microscopice, care sunt legate direct de electroni. Deci dacă câmpurile microscopice, ca realitate fizică, se deplasează, nu se poate spune că valoarea lor medie într'un punct din spațiu se deplasează.

Pe de altă parte, se știe că electronii se deplasează în conductori cu viteze de ordinul cm/s, pe când viteza de propagare, de care se servește prof. Constantinescu, este practic viteza luminii.

Viteza de propagare nu corespunde unei deplasări a unor particule materiale (electroni), ci corespunde la deplasarea locului din spațiu căruia se aplică în condiții egale legea de variație în timp a câmpurilor locale.

3. Metoda de a privi transferul energiei prin deplasarea câmpului electromagnetic, așa cum încearcă să facă prof. Constantinescu, este o metodă formală mecanicistă, care se poate aplica numai în transmiterea în spațiul liber a unor perturbări periodice; trebue să recunoaștem că această metodă are o aplicație limitată și nu poate fi extinsă în alte cazuri, cum ar fi cazul curentului continuu pe fire.

Singura metodă cu baze științifice care se aplică întotdeauna, este aceea bazată pe teorema Umov-Poynting, așa cum se arată în articolul publicat în revista „Electricitatea" Nr. 10 (1952).

DIN EXPERIENȚA UNIUNII SOVIETICE

REZONATORI CU CUARȚ PENTRU UNDE SONORE

L. KOLLAR

Student, anul IV al Institutului Electrotehnic de Telecomunicații din Leningrad

In general rezonatorii cu cuarț se întrebuințează la frecvențe înalte căci frecvența de rezonanță a cristalelor de mărime obișnuită este mai mare de 40 kHz. Articolul de față tratează una din marile cuceriri ale științei sovietice, adică rezonatorii cu cuarț producători de unde sonore 350...900 Hz.

Rezonatorul cu cuarț este un sistem electromecanic oscilator format din placă de cuarț, electrozi și piese de fixare.

Dacă o placă de cuarț se pune între doi electrozi, se fixează mecanic cu ajutorul unor piese și se aplică o tensiune variabilă la electrozi, atunci în placă se pot produce oscilații mecanice. Aceasta se întâmplă pe baza proprietății piezoelectrice a cuarțului.

Oprind oscilațiile mecanice prin comprimare, sistemul se poate considera un condensator obișnuit, capacitatea căruia se determină prin suprafața electrozilor, distanța dintre ei și constanta dielectrică a cuarțului. Acest condensator va da conductibilitatea reactivă a sistemului în paralel cu conductibilitatea pricinuită de efectul piezoelectric al cuarțului.

Prin rezonanță, când deformațiile cuarțului sunt mari, impedanța electrică a rezonatorului se micșorează, iar curentul piezoelectric care trece prin placă se mărește mult. De aceea rezonatorul cu cuarț se poate înlocui cu schema echivalentă formată dintr'un circuit oscilant în serie șuntat cu capacitatea statică a electrozilor (fig. 2).

Rezonatorii cu cuarț sunt mult întrebuințați mulțumită calităților superioare mecanice și electrice; în aparatura de telecomunicații, în aparatele de măsurat, în aparatura hidroacustică. Dar mult timp rezonatorii cu cuarț au putut fi întrebuințați numai la frecvențe înalte de 40 . . .50 kHz, din cauză că pentru frecvențe mai joase rezultă dimensiuni pentru cristal care se realizează greu în practică.

Frecvența de rezonanță a cuarțului în funcție de dimensiunile cristalului se poate calcula din următoarea formulă:

$$f_0 = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

unde l este lungimea cristalului în cm;

E — modulul lui Young, pentru cuarț egal cu $7{,}85 \cdot 10^{11}$ dine/cm^2;

ρ — greutatea specifică a cuarțului egală cu 2,654 g/cm^3.

Pentru secțiunea Curie [1]) se poate considera:

$$f_0 = \frac{270\,000}{l}$$

*) Curie a propus tăierea și șlefuirea plăcilor de cuarț în așa fel, ca suprafața cea mai mare să fie perpendiculară pe axa electrică și paralelă cu axa optică și cea mecanică.

unde f_0 se exprimă în H_z şi l în cm.
Deci pentru 10 kHz se cere un cristal cu lungimea de 27 cm.

S'a propus pentru micşorarea frecvenţei întrebuinţarea oscilaţiilor de încovoiere a plăcii de cuarţ. Pentru aceasta electrozii se aplică după cum se arată în figura 1.

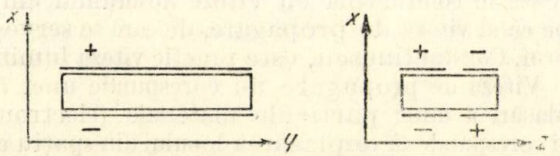


Fig. 1

Sub influenţa câmpului electric jumătate din placa de cuarţ va avea tendinţa să se extindă iar cealaltă jumătate se va contracta. Ca rezultat placa de cuarţ se încovoaie. Aplicând câmp variabil, placa va oscila.

In acest caz frecvenţa de rezonanţă va fi :

$$f_0 = \frac{5.61 \cdot 10^5}{\sqrt{1 + 9{,}43\left(\frac{b}{l}\right)^2}} \cdot \frac{b}{l^2},$$

unde b este lăţimea plăcii în cm, iar l este lungimea în cm.

Frecvenţa oscilaţiilor fiind invers proporţională cu lungimea la patrat,cu aceleaşi dimensiuni de cristal obţinem acum frecvenţă mai joasă. Astfel, cu plăci de cuarţ cu lungimea de 8 . . .9 cm se pot obţine frecvenţe de câţiva kHz. După acest principiu, inginerul B. C. Soluţev a proiectat un generator cu cuarţ, foarte stabil care şi-a găsit întrebuinţare în aparatura de telecomunicaţii cu 12 canale a fabricii „Crasnaia Zarea".

Dar cu această metodă micşorarea mai departe a frecvenţei prezintă greutăţi din aceeaşi cauză ; dimensiunile plăcii se măresc prea mult.

Construcţia rezonatorilor cu cuarţ pentru frecvenţe joase (sonore), a fost propusă încă în 1945 de profesorul E. V. Zeliah, doctor în ştiinţe tehnice şi de inginerul I. I. Velichin. Noua construcţie constă în aceea că se întrebuinţează plăci de cuarţ compuse. Această metodă se mai întrebuinţează azi, şi la construirea aparatelor telefonice şi a microfoanelor piezoelectrice.

Intrebuinţând plăci de cuarţ compuse ca piezorezonatori, frecvenţa de rezonanţă se poate calcula după următoarea formulă :

$$f_0 = \frac{5.61 \cdot 10^5}{\sqrt{1 + 9{,}43\left(\frac{t}{l}\right)^2}} \cdot \frac{1}{l^2},$$

unde t este grosimea plăcii compuse în cm.

Grosimea plăcii poate fi luată cu mult mai mică decât lăţimea, deci frecvenţa va fi cu mult mai joasă pentru aceleaşi dimensiuni.

Schema echivalentă a rezonatorului este cea din figura 2.

Coeficientul de inducţie al cuarţului L se poate calcula după formula :

$$L \approx 36\frac{l^3}{bt}\ [H],$$

iar capacitatea lui C este egală cu :

$$C \approx 0{,}22 \cdot 10^{-14}\frac{bl}{t}\ [F].$$

Rezistenţa R_k depinde de precizia şlefuirii cristalului, de modul de fixare al lui, etc. Deaceea se determină experimental.

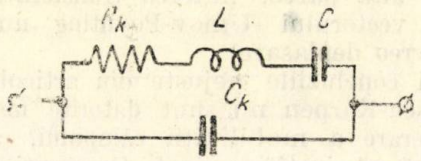


Fig. 2

C_0 este capacitatea statică a electrozilor, a pieselor de fixare şi a firelor de conexiune. Se calculează după formula :

$$C_0 \approx 0{,}405 \cdot 10^{12}\frac{bl}{t}\ [F].$$

In aceste formule b, l şi t sunt dimensiunile arătate mai sus.

Aceşti rezonatori au dat rezultatele cele mai bune în practică. O placă de bicuarţ cu lungimea de 4 cm a dat frecvenţa de rezonanţă 2 000 Hz, iar bicuarţ de 5 cm a dat 1400 Hz. S'au construit rezonatori compuşi unde o placă era din oţel. La Institutul Central pentru Cercetări Ştiinţifice s'a construit de către inginerul B. C. Soluţev un şir de rezonatori cu bicuarţ pentru gama de frecvenţă dela 6 000 până la 350 Hz.

Cu astfel de rezonatori s'au construit filtre electrice cu banda de trecere foarte îngustă (fig. 3). Pentru a obţine o curbă de rezonanţă mai ascuţită, fixarea s'a făcut în punctele de nod şi plăcile s'au lipit cu un strat subţire de clei din carbinol [2]).

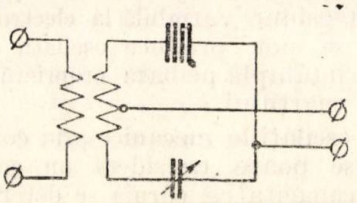


Fig. 3

Practica a arătat că rezonatorii cu bicuarţ se pot întrebuinţa cu mare succes în următoarele cazuri : pentru stabilizarea generatorilor în telecomunicaţii la aparatura de curenţi purtători cu un singur canal, cu trei canale şi cu 12 canale ; pentru stabilizarea generatorilor din televiziune ; pentru construirea filtrelor de

[2]) Cleiul din carbinol este un clei superior pregătit de chimistul sovietic C. A. Nazarov ca un produs derivat din vinilacetilenă.

calitate superioară; pentru construirea rezonatorilor etalon și a standardelor de frecvențe sonore; în aparatura de telemăsură și telecomandă; în aparatele de radio-impulsuri; pentru emitere și recepție de oscilații în hidroacustică și în general acolo unde se cere stabilitate și selectivitate mare.

Bibliografie

E. V. Zeliah și *I. I. Velichin*: Rezonatori cu cuarț pentru unde sonore. „Vestnic Sfiazi", Nr. 2, 1947.

A. F. Plonskii: Piezocuarț în tehnica telecomunicațiilor. Gosenergoiszdat, Moscova-Leningrad, 1951.

P. C. Aculșin, I. A. Coșceev și *C. E. Culbațchi*: Teoria comunicațiilor pe linii. Moscova, 1940.

★

КВАРЦЕВЫЕ РЕЗОНАТОРЫ ДЛЯ ЗВУКОВЫХ ВОЛН

Резюме

Вообще кварцевые резонаторы применяются на высокой частоте так как резонансная частота кристаллов обычных размеров больше 40 кгц. Настоящая статья рассматривает одно из величайших завоеваний советской науки — кварцевые резонаторы для звуковых волн а 350—900 гц.

NOTE — STUDII

TRANSFORMĂRI DE ENERGIE IN MONTAJE DE CONDENSATORI ELECTRICI

Ing. I. VONICA

In cele ce urmează dorim să punem în evidență o proprietate în legătură cu descărcarea condensatorilor în circuite cuprinzând condensatori neîncărcați, rezistențe și inductanțe.

Această proprietate se referă la transformările de energie ce au loc în asemenea circuite și la cantitățile de energie ce se pot transmite dela condensatorii încărcați la ceilalți condensatori din circuit.

Pentru a fixa mai bine problema, vom studia mai întâi cazul simplu când un condensator încărcat C, este pus în legătură cu un singur condensator neîncărcat printr'un conductor având numai o rezistență ohmică oarecare r. Notăm cu C_1, V_0, Q_0 capacitatea, tensiunea inițială și sarcina inițială a primului condensator și cu C_2 capacitatea condensatorului neîncărcat, fig. 1. După stabilirea legăturii între cei doi condensatori, să notăm cu V_f tensiunea finală la bornele lor, tensiune egală conform legii lui Kirchhoff.

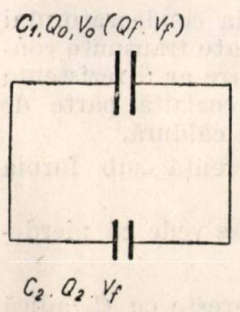


Fig. 1. Doi condensatori cuplați.

Condensatorul C_2 se încarcă cu o cantitate de electricitate finală pe care o notăm cu Q_2. In acelaș timp condensatorul C_1 pierde o parte din sarcina inițială Q_0 și notăm cu Q_f sarcina lui finală (după cuplaj).

Valorile lui V_f, Q_f și Q_2 le putem afla din relațiile elementare: $Q_0 = C_1 V_0$ (1), $Q_f = C_1 V_f$ (2) $Q_2 = C_2 V_f$ (3), $Q_0 = Q_1 + Q_2$ (4) din care obținem:

$$V_f = \frac{Q_0}{C_1 + C_2} = \frac{C_1}{C_1 + C_2} V_0 \quad (5)$$ Evident $V_f < V_0$.

$$Q_f = \frac{C_1}{C_1 + C_2} Q_0 = \frac{C_1^2}{C_1 + C_2} V_0 \quad (6)$$

$$Q_2 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} Q_0 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} V_0 \quad (7)$$

Să calculăm și energiile cuprinse în sistemul nostru format de cei doi condensatori, înainte și după cuplare. Energia înmagazinată în condensatorul C_1 în starea inițială (necuplat) era $W_i = \frac{1}{2} C_1 V_0^2 = \frac{1}{2} Q_0 V_0$. După cuplare cei doi condensatori posedă la un loc energia

$$W_f = \frac{1}{2} Q_f V_f + \frac{1}{2} Q_2 V_f = \frac{1}{2} V_f (Q_f + Q_2) =$$

$$= \frac{1}{2} V_f Q_0.$$

Deoarece $V_f < V_0$ rezultă că avem întotdeauna $W_f < W_i$ oricare ar fi valoarea rezistenței r, adică sistemul nostru posedă după cuplaj mai puțină energie decât înainte. Să calculăm valoarea diferenței $(W_i - W_f)$ dintre cele două energii.

Avem:

$$W_i - W_f = \frac{1}{2} Q_0 V_0 - \frac{1}{2} Q_0 V_f =$$

$$= \frac{1}{2} Q_0 \left(V_0 - \frac{C_1}{C_1 + C_2} V_0\right)$$

$$W_i - W_f = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \times \frac{1}{2} Q_0 V_0 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} W_i \quad (8)$$

Observăm în primul rând că diferența de energie $(W_i - W_f)$ nu depinde de valoarea rezistenței r a conductorului de legătură între cei doi condensatori. Ea depinde numai de capacitățile C_1 și C_2 și de energia inițială a condensatorului încărcat. In particular, dacă rezistența r este foarte mică (neglijabilă), valoarea diferenței $(W_i - W_f)$ nu se modifică.

Valoarea acestei diferențe nu este deloc neglijabilă față de W_i după cum se vede din (8). Ce reprezintă această diferență?

Vom arăta că oricare ar fi valoarea rezistenței r, diferența de energie $(W_i - W_f)$ corespunde exact energiei calorice desvoltate în rezistența r prin trecerea curentului care încarcă condensatorul C_2 și descarcă în acelaș timp pe C_1. Pentru aceasta vom examina mai amănunțit fenomenul de descărcare-încărcare a condensatorilor din circuitul nostru. Oricât de mică ar fi valoarea lui r, nu o putem neglija în cazul nostru, la stabilirea ecuației curentului din circuit. Pentru simplificare să presupunem rezistența localizată între punctele A și B ca în fig. 2. Luând ca zero potențialul plăcii negative a condensatorului C_1, avem în timpul încărcării lui C_2:

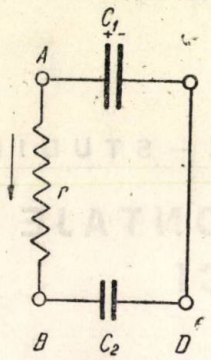


Fig. 2. Doi condensatori cuplați printr'o rezistență.

$$V_A - V_B = ri \tag{9}$$

$$V_B - V_D = \frac{q}{C_2} \tag{10}$$

$$V_D - V_A = \frac{Q_0 - q}{C_1} \tag{11}$$

q fiind sarcina condensatorului C_2 la momentul t.

Adunând relațiile (9) — (11) obținem:

$$ri + \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} q = \frac{Q_0}{C_1} \tag{12}$$

Cum $q = \int idt$ și însemnând $\frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} = A$, relația (12) devine: $ri + A \int idt = \frac{Q_0}{C_1}$ (13) ecuație diferențială de tip bine cunoscut.

Pentru a o integra o vom deriva mai întâi: $r \frac{di}{dt} + Ai = 0$ și separând variabilele obținem:

$$\frac{di}{i} + \frac{A}{r} dt = 0 \tag{14}$$

Integrând obținem: $\ln i + \frac{A}{r} t = K$,

$i = e^{K - \frac{A}{r} t} = K_1 e^{-\frac{A}{r} t}$ în care K și $K_1 = e^K$ sunt două constante.

Vom determina valoarea lui K_1 prin condițiunile inițiale. Pentru $t = 0$, vom considera $i_0 = \frac{V_0}{r} = K_1$ (ca la descărcarea unui condensator printr'o simplă rezistență).

Cu aceasta ecuația curentului din circuit în funcție de timp se poate scrie:

$$i = \frac{V_0}{r} e^{-\frac{A}{r} t} = \frac{V_0}{r} e^{-\frac{C_1 + C_2}{r C_1 C_2} t} \tag{15}$$

Se vede că acest curent scade aperiodic după o exponențială și, teoretic, se anulează numai după un timp infinit.

Constanța de timp a circuitului este $\tau = \frac{r C_1 C_2}{C_1 + C_2}$.

Cantitatea de electricitate transportată de pe condensatorul C_1 pe C_2 este:

$$Q_2 = \int_0^\infty idt = \frac{V_0}{r} \int_0^\infty e^{-\frac{A}{r} t} dt = -\frac{V_0}{r} \frac{r}{A} \left| e^{-\frac{A}{r} t} \right|_0^\infty$$

$Q_2 = \frac{V_0}{A} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} V_0$ aceeaș expresie ca (7).

In mod analog putem verifica și relațiile obținute anterior (5) și (6) care ne dau tensiunea și sarcina finală a condensatorului C_1.

Să calculăm acum energia calorică desvoltată în rezistența r prin trecerea curentului i.

Vom nota această energie cu W_j. Avem:

$$W_j = \int_0^\infty \gamma i^2 dt = r \int_0^\infty \frac{V_0^2}{r^2} e^{-\frac{2A}{r} t} dt$$

$$W_j = \frac{V_0^2}{r} \left(-\frac{r}{2A} \right) \left| e^{-\frac{2A}{r} t} \right|_0^\infty = \frac{V_0^2}{2A}$$

$$W_j = \frac{V_0^2}{2} \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \cdot \frac{1}{2} C_1 V_0^2$$

$W_j = \frac{C_2}{C_1 + C_2} W_i$ care este tocmai expresia diferenței $(W_i - W_f)$ calculată anterior.

Rezultă deci că din energia condensatorului încărcat numai o parte se poate transmite condensatorului neîncărcat, oricare ar fi rezistența conductorului de legătură, cealaltă parte de energie transformându-se în căldură.

Dacă scriem această diferență sub forma $W_j = W_i - W_f = \frac{1}{1 + \frac{C_1}{C_2}} W_i$ se vede că pierderea de energie prin căldură crește cu C_2 adică cu capacitatea condensatorului care se încarcă.

Vom da câteva cazuri concrete.

Pentru $C_2 = C_1$, $W_j = \frac{1}{2} W_i$ adică jumătate din energia inițială se pierde prin căldură. In

același timp condensatorul C_2 înmagazinează o energie $W_2 = \frac{1}{2} Q_2 V_f = \frac{1}{2} \frac{C_1 C_2}{(C_1 + C_2)^2} Q_0 V_0$.

$W_2 = \frac{1}{8} Q_0 V_0 = \frac{1}{4} W_i$ iar condensatorul C_1 rămâne cu energia $W_1 = \frac{1}{2} Q_f V_f = \frac{1}{2} \frac{C_1^2}{(C_1 + C_2)^2} Q_0 V_0$

$= \frac{1}{8} Q_0 V_0 = \frac{1}{4} W_i$.

Pentru $C_2 = 2C_1$ obținem : $W_j = \frac{2}{3} W_i$,

$W_1 = \frac{1}{9} W_i$, $W_2 = \frac{2}{9} W_i$

Pentru $C_2 = 3C_1$ obținem $W_j = \frac{3}{4} W_i$,

$W_1 = \frac{1}{16} W_i$, $W_2 = \frac{3}{16} W_i$ și așa mai departe.

Pentru $C_2 \gg C_1$, $W_f \to W_i$ adică toată energia condensatorului C_1 tinde să se piardă prin căldura desvoltată în rezistența r, oricare ar fi valoarea ei. Care este în acest caz tensiunea și încărcarea celor doi condensatori ?

Am avut $V_f = \frac{C_1}{C_1 + C_2} V_0$. Pentru $C_2 \gg C_1$, $V_f \to 0$, tensiunea rezultantă tinde spre zero. In același timp $Q_f = \frac{C_1}{C_1 + C_2} Q_0 \to 0$, iar $Q_2 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} Q_0 \to Q_0$ adică condensatorul C_1 tinde să se descarce complect toată cantitatea de electricitate trecând asupra condensatorului C_2. Niciunul din cei doi condensatori nu mai posedă însă nici o cantitate de energie căci tensiunea finală pentru ambii tinde spre zero, ceeace confirmă rezultatul obținut mai sus anume că pentru $C_2 \gg C_1$ toată energia sistemului se transformă (iese din sistem) în căldură cedată la exterior.

Pentru $C_1 \gg C_2$, $W_j \to 0$, $W_2 \to 0$ și $W_1 \to W_i$ adică nu se transmite energie condensatorului C_2 (mai exact i se transmite o cantitate de energie cu atât mai mică cu cât capacitatea lui este mai mică față de C_1). De asemenea energia desvoltată prin căldură în rezistența r se micșorează cu cât C_2 scade față de C_1 și tinde spre zero oricare ar fi valoarea rezistenței r.

Bibliografie

Crug C. A. : Bazele electrotehnicei (trad. din limba rusă). Editura Tehnică, 1952, Vol. I.

Tamm I. L. : Bazele teoriei electricității (trad. din limba rusă). Editura Tehnică, 1952.

INTRAREA PESTE OCUPAT LA CENTRALELE TELEFONICE AUTOMATE DE TIPUL „TESLA"—U.S.H./60 V

Ing. E. HOPPE

Odată cu industrializarea țării și ridicarea nivelului tehnic, crește și numărul centralelor telefonice automate combinate, instalate în întreprinderi și instituții.

La centralele telefonice automate combinate, pentru convorbirile care vin dela oraș, legătura cu aparatul dorit o face telefonista ; legăturile în sens invers se fac fără intervenția telefonistei, automat, dela aparatele ce au acest drept (adică : o punte în centrală), prin formarea a una sau două cifre, după care se primește „tonul" dela oraș.

Uneori există pe lângă aparatele cu disc obișnuite (cu sau fără dreptul de legătură cu orașul) și un număr restrâns de aparate, care au următoarele posibilități :

— constatarea prin becuri de semnalizare, care trunch uri (linii între centrala de Stat și întreprinderea respectivă) sunt ocupate ;

— controlul convorbirilor cu orașul dela aparatele obișnuite ;

— întreruperea convorbirii în curs și preluarea trunchiului pentru o convorbire urgentă.

Centralele telefonice automate combinate, prevăd ca material pentru posturile privilegiate, sau aparate de tip obișnuit sau aparate speciale, voluminoase, cu multe butoane (sau chei), cu blocarea electrică sau mecanică între ele, lămpi de semnalizare, etc. Aceste aparate sunt costisitoare, nu se confecționează în țară și necesită cabluri telefonice de legătură (între biroul unde sunt montate și centralele telefonice automate combinate) cu $5n+3$ fire, unde n este numărul trunchiurilor.

La centralele telefonice automate combinate „Tesla" — U S H/60 V și alte tipuri asemănătoare, — care pentru supraveghere necesită aparate speciale, — se pot folosi totuși aparatele cu disc obișnuite, cu condiția să se aducă centralei anumite modificări simple, executabile fără alt material decât câțiva metri de sârmă de sonerie, — fără nici un prejudiciu pentru funcționarea centralei, și fără micșorarea capacității ei.

In general modificările ce trebue făcute în centrală sunt următoarele :

1. La lamela căutătorului care cuprinde linia aparatului privilegiat se leagă dispozitivul pentru intrarea peste ocupat pe un trunchiu vizat.

2. Se suprimă semnalul care avertizează de intrare, prin întreruperea unui fir între releele de avizare ale selectorului de linie.

3. Numerele pentru intrarea peste ocupat pe trunchiurile 1...5 se iau astfel, ca ultima cifră să corespundă cu numărul trunchiului de exemplu; 01, 02, 03, 04 și 05. La lamelele respective ale selectorului de linie se taie legătura cu arcul căutătorului și cu releele R/T ale aparatului ce ar putea fi legat de aceste lamele.

4. Lamelele selectorului de linie se leagă de firele circuitului de cordon pentru convorbirile cu orașul, la un punct astfel ales ca:

a) să se poată asculta și convorbirile telefonistei cu orașul și convorbirile prin rechemare.

b) să se mențină scurtcircuitarea trunchiului în timpul impulsurilor spre centrala de stat.

Modificările specificate mai sus sunt cele strict necesare.

Dacă se dorește semnalizarea stării de ocupație a trunchiurilor (în număr de n), se montează n becuri de semnalizare într'un mic panou, ce formează un postament de 20 mm înălțime sub aparatul normal cu disc și buton, iar între centrala telefonică automată combinată și aparatul privilegiat este nevoie de $3+n$ fire în cablul telefonic (față de $3+5\,n$ fire la aparatele speciale).

Modul de funcționare fără becuri de semnalizare este:

a) se ridică receptorul, se primește „tonul" intern și se formează numărul, care amorsează cordoanele pentru convorbirile cu orașul. Dacă vine semnalul „toate liniile ocupate" se închide aparatul.

b) Se ridică receptorul, se primește „tonul" intern și se formează un număr compus din 2 cifre, care corespunde trunchiului vizat. De exemplu: pentru trunchiurile I, II, III, IV, V.,... se formează numărul 01, 02, 03, 04 și 05;

— se intră (neobservat) în convorbirea care se duce pe acest trunchiu, indiferent dacă vorbește un aparat sau telefonista, indiferent dacă convorbirea este de ieșire sau de intrare, indiferent dacă se vorbește cu postul orașului sau prin rechemare;

— se ordonă întreruperea convorbirii, dacă este cazul;

— se controlează (auditiv) terminarea convorbirii.

c) Se ridică din nou receptorul se amortizează conexiunea prin formarea numărului 00 și se primește acum „tonul" orașului, după care se formează numărul dorit.

Modul de funcționare cu becuri de semnalizare este;

Nu mai sunt necesare manipulațiile de sub punctul „a", pentru constatarea stării de ocupație a liniilor cu orașul. Când cel puțin un bec de semnalizare nu este aprins, se procedează imediat ca la punctul c. Când toate becurile de semnalizare sunt aprinse, se procedează ca la punctul „b" și la terminarea convorbirii întrerupte, se observă că becul corespunzător se stinge. După aceea se procedează după punctul „c".

Manipulările necesare sunt mai complicate decât la aparatele privilegiate speciale (formarea unui număr, față de apăsarea unui buton sau unei chei), întreruperea convorbirii particulare nu se face prin mijloace tehnice (forțat), ci prin ordin verbal, se ocupă temporar un cordon intern.

Aceste inconveniente sunt însă neînsemnate față de avantajele obținute: se realizează un deziderat important fără material sau cu material puțin, ieftin și ușor de procurat.

Spre deosebire de aparatele privilegiate speciale intrarea în trunchi se face într'un punct care permite ascultarea prin $2\times2\mu$F, fără stricarea impulsurilor, în timp ce la aparatele privilegiate speciale la ascultare se influențează asupra impulsurilor, capacitatea condensatorilor neputând întrece $2\times0{,}5$ microfarazi. Prin urmare se aude cu mult mai bine, ceeace este important mai ales la convorbirile interurbane.

La centralele telefonice automate combinate, care au aparate legate de toate numerile utilizabile, adică toate lamelele selectoarelor de linie sunt ocupate, modificările specificate la punctele 3...4 se execută la lamelele de rechemare.

După cum se știe centralele telefonice automate combinate, oferă posibilitatea rechemării: în timpul unei convorbiri cu orașul, prin apăsarea pe butonul aparatului și formarea unui număr intern, se pot lua informații, date, prețuri, etc, dela un alt post intern, în timp ce legătura cu postul orașului se menține, iar prin a doua apăsare pe butonul aparatului, se întrerupe legătura internă și convorbirea cu orașul se poate continua.

Realizarea acestei funcțiuni implică în mod inevitabil micșorarea numărului total de aparate, ce pot fi legate de centrală, cu câte un aparat pentru fiecare trunchi, fiind nevoie de lamela respectivă la căutător, în timp ce lamela corespunzătoare la selectorul de linie rămâne în general neutilizată.

In consecință, prin mutarea prealabilă a lamelelor pentru rechemare la numerile 01, 02, 03, 04 și 05, sistemul se poate aplica fără micșorarea capacității centralei, utilizându-se lamelele selectoarelor de linii, neutilizate anterior.

Bibliografie

(1) *Davâdovschi V.*: Centrale telefonice automate, Moscova 1951.

(2) *Carmazov N.*: Telefonia automată, Moscova, 1948.

PLANUL DE MUNCĂ

pe anul 1953 al secţiei Electricitate, în sectorul electricitate şi electrocomunicaţii

Secţia Electricitate dela Consiliul Central al ASIT cuprinde în sfera sa de activitate trei sectoare mari şi anume : electroenergetic, electrotehnic şi electrocomunicaţii. Planul său de muncă pentru anul 1953 ţine seamă în egală măsură de problemele importante ale acestor sectoare.

El a fost întocmit avându-se în vedere obiectivele planurilor de industrializare socialiste şi electrificare a ţării şi efortul susţinut ce-l depun oamenii muncii pentru îndeplinirea cincinalului în patru ani. S'a întocmit acest plan ţinându-se seama şi de hotărîrile Congresului ASIT din Mai 1951, hotărîri care cer membrilor Asociaţiei să lupte continuu pentru mărirea producţiei şi productivităţii, pentru îmbunătăţirea calităţii produselor, pentru introducerea metodelor înaintate de muncă, pentru ridicarea neîntreruptă a nivelului profesional.

După importanţa problemelor şi după caracterul lor s'a hotărît să se treacă la rezolvare prin organizarea de consfătuiri pe ţară, prin studii ce se vor face în filiale cu sprijinul direct al comitetului secţiei dela Consiliul Central ASIT, conferinţe în filiale şi cercuri şi o serie de alte acţiuni, ca organizarea de cursuri de ridicare a nivelului profesional, cabinet tehnic, documentare, întreceri socialiste, schimb de experienţă, etc.

Consfătuirile pe ţară au ca teme, probleme de bază în sectoarele respective. Ele vor întruni ingineri şi tehnicieni din mai multe secţii, atât electroenergeticieni şi electrotehnicieni cât şi din alte specialităţi ce au contingenţă cu problema desbătută. Lucrările acestor consfătuiri trebue să conducă la găsirea celor mai bune măsuri pentru folosirea optimă a instalaţiilor existente, prin introducerea de procedee şi dispozitive noi, la ridicarea calităţii produselor şi lucrărilor ce se execută la noi în ţară.

Astfel, sectorul electroenergetic organizează consfătuirea cu tema „Imbunătăţirea factorului de putere".

Obţinerea unor bune rezultate va duce la crearea unui disponibil important de energie, atât de necesară astăzi în plină luptă de industrializare a ţării. Ele vor permite şi construirea mai economică a liniilor de transport şi distribuţie.

In ultimul timp industria de maşini şi aparataj electric recent creată în ţara noastră a făcut progrese mari în ceeace priveşte cantitatea şi varietatea produselor sale.

Calitatea lor s'a îmbunătăţit continuu, dar ea nu a atins nivelul posibil în condiţiile existente. Un nou efort în acest sens va avea ca rezultat înlăturarea cel puţin parţial a deficienţelor pe care consumatorii le reclamă.

Acesta e mtiovul pentru care comitetul secţiei Electricitate a hotârît ţinerea unei consfătuiri pe ţară, privind îmbunătăţirea calităţii produselor electrotehnice. Interesul de a se stabili măsuri cât mai concrete şi imediat aplicabile, măsuri la care să se poată ajunge în cele două zile de desbateri face ca atenţia consfătuirii să se restrângă la maşinile rotative. Consfătuirea aceasta va întruni constructori de maşini electrice precum şi furnizorii de materiale pentru industria de maşini.

Ea va fi bine venită după aceea organizată în Aprilie de Ministerul Energiei Electrice şi al Industriei Electrotehnice cu principalii consumatori de produse electrotehnice.

Cea de a treia consfătuire va avea ca temă „Problema coroziunii canalizărilor subterane". Construirea necoordonată în trecut a liniilor de distribuţie, de telecomunicaţie, reţeaua de gaze naturale, conducte de apă şi a liniilor de tramvai a dus la serioase neajunsuri de exploatare datorită acţiunii corodante provocate de curentul continuu. Pagubele serioase pe care le creiază în câteva centre importante, precum şi greutăţile întâmpinate prin luarea de măsuri parţiale, insuficiente, fac ca rezolvarea acestei probleme să se impună în mod deosebit. Vor fi chemaţi să participe la lucrările acestei consfătuiri, ingineri şi tehnicieni din sectoarele telecomunicaţii, energetic, transporturi, constructori ai reţelelor de gaze şi apă, prezenţa tuturor acestor sectoare permiţând coordonarea intereselor fiecăruia şi găsirea liniei juste în proectarea şi construirea canalizărilor subterane.

Consfătuirile acestea se vor ţine în următoarele trei trimestre ale anului acesta, în centrele în care problema respectivă se impune mai mult.

Succesul acestor consfătuiri este foarte legat de pregătirea prealabilă al celor ce participă la lucrările lor. Filialele ASIT trebue să dea atenţie pregătirii delegaţilor lor, prin studierea şi desbaterea locală a problemelor. Schimbul de experienţă pe care-l prilejueşte ţinerea acestor consfătuiri, prin întrunirea inginerilor şi tehnicienilor din specialităţi şi centre diferite, este menit să ducă la obţinerea de rezultate bune la care nu s'ar ajunge altfel.

Prin programarea unor cicluri de conferinţe, comitetul secţiei electricitate urmăreşte să sprijine activitatea tehnico-ştiinţifică a inginerilor şi tehnicienilor, făcându-le cunoscut ultimele rezultate ale cercetării diferitelor probleme.

Conferinţele se ţin la Filialele ASIT şi în unele cazuri chiar în cercurile din întreprinderi.

„Controlul electric şi electronic al calităţii", „Aparatura electrică pentru pornirea şi pro-

tecția motoarelor electrice, în industrii" și „Instalații de semnalizări și dispeceri în fabrici" sunt trei cicluri de conferințe care vor interesa nu numai pe proectanții și constructorii de aparataj și instalații electrice, dar și pe numeroși ingineri și tehnicieni din alte ramuri industriale.

Alte conferințe în sectorul electrotehnic și electrocomunicații vor fi : „Problema combaterii perturbațiilor radiofonice" care se va ocupa de măsuri necesare în proectare și construcția mașinilor electrice, a căror funcționare să nu perturbe recepțiile radiofonice ; „Norme pentru rețele de radioficare" și „Echipamentul centrelor de radioficare". Deasemenea, ciclul „Metode tehnologice și constructive sovietice în proiectarea și fabricația mașinilor electrice" va face cunoscut proectanților și constructorilor de mașini electrice metode sovietice precum și rezultatele pe care le-au obținut aplicându-le ingineri din industria noastră de mașini.

Planul de muncă pentru 1953 propune filialelor ASIT studierea unor probleme pentru care se prevede sprijinul direct al comitetului secției Electricitate. Se propune astfel studierea introducerii aluminiului în instalații. Soluții în această problemă sunt mult dorite acum când planul de electrificare reclamă cantități mari de metal conductor.

Se propune deasemeni, „Studiul protecției față de supra-sarcini și scurt circuite în instalațiile industriale (motoare, linii, receptori)", „Defecte de fabricație și construcție a produselor electrotehnice din țară", acesta din urmă fiind în strânsă legătură cu pregătirea consfătuirii pe țară privind îmbunătățirea acestor produse.

„Aplicațiile încălzirii prin înaltă frecvență" este titlul studiului la care se va cere participarea tehnicienilor din industriile interesate în buna lui rezolvare.

Planul de muncă al secției electricitate prevede activitate cu caracter didactic în vederea ridicării nivelului profesional al tehnicienilor și sprijinirea studenților care urmează cursurile fără frecvență.

S'a prevăzut deasemenea analizarea, îndrumarea și sprijinirea în mod organizat a revistelor „Electrotehnica" și „Energetica" și a Lexiconului Tehnic Român.

Planul prevede totodată îndrumarea și sprijinirea activității resoartelor de electrotehnică și energetică din filialele ASIT.

RECENZII

UN NOU MANUAL SOVIETIC DE ELECTROTEHNICĂ (C. A. Crug, A. I. Darevschi, G. V. Zeveche, P. A. Ionchin, V. I. Lomonosov, A. V. Netușil, S. V. Strahov : **Bazele Electrotehnicei**, sub redacția prof. C. A. Crug. Editura Energetică de Stat, Moscova, 1952).

Recent a fost scos de sub tipar manualul de electrotehnică alcătuit de un grup de colaboratori ai catedrei „Bazele teoretice ale Electrotehnicei" a Institutului Energetic „V. M. Molotov" din Moscova. Colectivul de autori a fost condus de prof. C. A. Crug, membru corespondent al Academiei de Științe a U.R.S.S. [1]).

Cartea a fost scrisă în conformitate cu programa analitică a cursului „Bazele Electrotehnicei", aprobată de Ministerul Învățământului Superior al U.R.S.S. pentru specialitățile electrotehnice și energetice din învățământul tehnic superior. După cum arată autorii, „cursul Bazele teoretice ale Electrotehnicei își propune să dea studentului, într'o formă cât mai generală, cunoștința relațiilor calitative și cantitative ale fenomenelor și proceselor electromagnetice și să traseze căile principale de rezolvare a problemelor din domeniile speciale ale electrotehnicei". Drept urmare, în volumul recenzat se examinează circuitele electrice liniare și neliniare în curent continuu și alternativ, circuitele magnetice, circuitele cu constante distribuite, fenomenele tranzitorii în circuitele liniare și neliniare, precum și câmpurile electromagnetice.

Manualul e împărțit în 5 secțiuni și 24 capitole.

In secțiunea I-a sunt tratate proprietățile și metodele de calcul ale circuitelor electrice în curent continuu.

Cap. I. „Noțiunile și relațiile fizice fundamentale" cuprinde enunțarea noțiunilor și legilor celor mai însemnate din electrotehnică (intensitatea câmpului electric și magnetic, tensiune și potențial, capacitate, intensitatea curentului, rezistență, f. e. m., inducție electrică și magnetică, flux de inducție, inductanță și inductanță mutuală, legile Coulomb, Gauss, Ohm, Kirchhoff, Lenz-Joule, Faraday). Acest întreg material, care constitue de fapt ceeace s'ar putea numi bazele principiale ale electricității este strâns într'o formă condensată într'un singur capitol, astfel încât dela începutul lecturii cititorul are în fața sa un succint tablou al aparatului fizico-matematic de bază de care se va folosi în desvoltarea diferitelor probleme.

In capitolele II („Metodele generale de calcul și proprietățile fundamentale ale circuitelor electrice liniare") III („Transfigurările circuitelor electrice liniare") și IV („Dipoli și cuadripoli"), sunt expuse metodele de analiză și calcul ale circuitelor electrice în curent continuu. Se definesc elementele liniare și neliniare și se indică o serie de metode practice pentru calculul rețelelor electrice (metoda curenților de buclă, transfigurările stea-triunghiu, etc.). In continuare, sunt prezentate teoria dipolilor activi și pasivi și teoria cuadripolilor.

Față de importanța din ce în ce mai mare pe care o capătă în fizică și tehnică elementele neliniare, autorii manualului au acordat acestora o atenție deosebită. In cap. V. („Cele mai simple circuite electrice neliniare") se arată schemele echivalente și parametrii (statici și diferențiali) ai elementelor neliniare. Apoi se expun metodele grafice de analiză și calcul a circuitelor cu elemente neliniare, indicându-se și principiile calculului analitic. In ultimul paragraf al acestui capitol se tratează problema stabilității regimului de funcționare a circuitelor neliniare.

Cap. VI prezintă sub titlul „Circuite electrostatice" metodele de calcul a circuitelor și sistemelor capacitive, complexe, bazate pe analogia acestora cu circuitele rezistive în curent continuu. Deasemenea se dau relațiile dintre sarcini și potențiale într'un sistem de conductor.

Cap. VII. („Circuite magnetice") sunt date noțiunile și legile fundamentale ale magnetismului și electromagnetismului.

[1]) Prof. C. A. Crug a decedat în 1952.

Secţiunea a doua tratează proprietăţile şi metodele de calcul ale circuitelor electrice în curent sinusoidal.

Cap. VIII cuprinde „Noţiunile fundamentale despre circuitele electrice în curent alternativ": definiţia curentului alternativ, principiile de obţinere, mărimile caracteristice şi metoda complexă-exponenţială de exprimare a mărimilor sinusoidale, comportarea elementelor R,L,C, în circuite de curent alternativ, calculul puterilor în regim sinusoidal.

Cap. IX „Calculul circuitelor în curent sinusoidal" ne prezintă metodele de calcul a circuitelor cu R,L,C, şi inductanţă mutuală, problema rezonanţei şi problema transferului maxim de putere. Se dau deasemenea ecuaţiile transformatorului.

Cap. X e consacrat diagramelor circulare, indicându-se metodele de construcţie a acestora în câteva cazuri.

In cap. XI („Circuite trifazice") şi cap. XII („Metoda componentelor simetrice") sunt tratate sistemele trifazice simetrice şi nesimetrice, precum şi proprietăţile circuitelor trifazice în legătură cu componentele simetrice ale curenţilor şi tensiunilor.

In cap. XIII („Circuite cu constante distribuite") sunt deduse ecuaţiile generale ale liniilor lungi. Se definesc în continuare caracteristicile liniilor şi se prezintă liniile cu şi fără pierderi, diagramele circulare şi undele staţionare pe linii.

In secţiunea III-a sunt indicate proprietăţile şi metodele de calcul ale circuitelor în regim nesinusoidal.

Cap. XIV e intitulat „Curenţi nesinusoidali. Aci se prezintă descompunerea funcţiunilor periodice în serie Fourier, mărimile caracteristice ale curenţilor şi tensiunilor nesinusoidale, metodele de calcul ale circuitelor în regim nesinusoidal, fenomenele de rezonanţă şi problema puterilor.

In cap. XV („Filtre") se expun principiile de funcţionare caracteristicile şi metodele de calcul ale filtrelor electrice.

In cap. XVI („Bobine şi transformatori cu miez de fier"), prof. Crug tratează fenomenele din miezul de fier al bobinelor şi transformatorilor, apoi deduce circuitele echivalente şi randamentul transformatorilor.

După o scurtă caracterizare a circuitelor neliniare în regim periodic autorii se ocupă în capitolul XVII („Circuite neliniare în curent alternativ") de diferite montaje redresoare, de fenomenul ferorezonanţei, de multiplicatorii de frecvenţă, de influenţa componentei continue asupra mărimii componentei alternative, de problema amplificatorilor magnetici, etc.

A IV-a secţiune a manualului: „Procese tranzitorii în circuite electrice şi metodele lor de calcul" conţine trei capitole.

In cap. XVIII („Procese tranzitorii în circuite cu constante concentrate") este dată teoria generală a regimurilor tranzitorii, care se aplică apoi în diferite cazuri particulare (circuite $R,L,C,M,$) se expune metoda generală a ecuaţiilor diferenţiale de calcul a proceselor tranzitorii în circuite complexe şi principiile de bază ale metodei calculului operaţional (cu ajutorul transformării Laplace) aplicat în câteva cazuri.

In cap. XIX („Procese tranzitorii în circuite cu constante distribuite") sunt tratate: undele de curent şi tensiune pe linii — omogene, conectarea şi deconectarea liniilor, determinarea curenţilor şi tensiunilor undelor reflectate, trecerea impulsurilor dreptunghiulare printr'o inductanţă, etc.

„Procesele tranzitorii în circuite neliniare", alcătuesc conţinutul capitolului XX. Aci se expun caracteristicile generale ale acestor procese şi metodele de calcul corespunzătoare. Apoi sunt tratate câteva cazuri particulare (conectarea unei bobine cu fier la o sursă de curent continuu sau alternativ, încărcarea unui condensator printr'o rezistenţă neliniară, etc.).

Ultima secţiune a manualului se ocupă de „Câmpurile electromagnetice şi metodele de calcul ale acestora".

Cap. XXI („Câmpul electrostatic") şi XXII („Câmpul electric în medii conductoare") cuprind un material bogat şi interesant. Autorii tratează aci determinarea analitică a intensităţii şi potenţialului câmpului electric, polariza rea dielectricilor, câmpul liniilor cu mai mulţi conductori, e cuaţiile diferenţiale ale câmpului electrostatic şi forma d iferenţială a legilor lui Ohm, Kirchhoff şi Lenz-Joule. Se determină energia şi forţele ponderomotoare ale câmpului electric şi expune utilizarea funcţiunilor complexe şi a transformări lor conforme la calculul câmpurilor.

In cap. XXIII („Câmpul magnetic") cititorul găseşte tratate problemele înteracţiunii dintre câmpu l magnetic şi curenţii electrici potenţialele scalar şi vectorial ale câmpului magnetic, câmpul magnetic al liniilor mono-, bi- şi trifilare. In continuare autorii prezintă fenomenul şi legile inducţiei electromagnetice, calculul inductanţiilor proprii şi mutuale şi bilanţul energetic al câmpului magnetic.

Cap. XXIV („Câmpul electromagnetic alternativ într'un mediu imobil") poate constitui o întroducere în tehnica frecvenţelor înalte. Aci se dau ecuaţiile lui Maxwell şi teorema lui Umov-Povnting, după care autorii expun teoria dipolului lui Hertz şi tratează undele electromagnetice plane. Capitolul se închee cu elemente din teoria conductelor tubulare a cavităţilor rezonatoare şi a cablelor coaxiale.

In „Anexă" se prezintă o succintă recapitulare a analizei vectoriale.

Toate chestiunile sunt tratate pe baza sistemului raţionalizat de unităţi practice absolute MKSA, adoptate astăzi în electrotehnică, deoarece"... prin raţionalizare scrierea ecuaţiilor se simplifică — prin dispariţia unor coeficienţi inutili — ceeace permite uşoara lor memorare". Totuşi, având în vedere faptul că în unele facultăţi încă nu s'a realizat coordonarea necesară între cursurile de fizică şi electrotehnică, autorii au introdus un paragraf în care se expun diferitele sisteme de unităţi de măsură, precum şi formele prin care se pot scrie principalele legi din electromagnetism.

Examinând pe scurt conţinutul manualului, constatăm că autorii au reuşit să prezinte într'un volum relativ nu prea mare (430 pag.) un material extrem de bogat, tratat la un înalt nivel ştiinţific şi expus cu ajutorul instrumentului matematic modern.

Trebue să subliniem în special deosebirea manualului faţă de ultima ediţie (a VI-a) a cursului „Bazele Electrotehnicei" de C. A. Crug [1] şi în primul rând — deosebirea de concepţii. Cursul din 1946 era scris astfel, încât să poată fi accesibil studentului care ia prima dată contact cu teoria electricităţii şi în acest sens el constitue de fapt un curs de Electricitate şi Electrotehnică. Aceasta se referă mai ales la primul volum, în care găsim tratate o serie de chestiuni (de exemplu: construcţia condensatorilor şi rezistenţelor, aparate şi metode de măsuri electrice şi magnetice, trecerea curentului electric prin electroliţi, gaze şi vid, fenomene termo- şi fotoelectrice, etc.) care intră de fapt în cadrul cursului de Fizică sau al cursurilor electrotehnice speciale (măsuri şi aparate electrice, etc.). Şi în volumul al doilea sunt cuprinse unele probleme (măsuri în curent alternativ, calculul curenţilor de scurt circuit, etc.) pe care manualul recenzat nu le conţine, ele urmând să fie tratate la cursurile de specialitate (deci şi în manualele respective).

Dealtfel şi materialul este aşezat într'un mod cu totul diferit în cele două ediţii. In ediţia precedentă sunt expuse întâi toate noţiunile şi legile câmpului electrostatic, apoi ale curentului continuu şi însfârşit cele ale câmpului magnetic. Teoria curenţilor alternativi şi câmpul electromagnetic constitue conţinutul volumului doi. In ediţia de faţă, principiile fundamentale ale electromagnetismului se presupun cunoscute şi expunerea urmăreşte sistematic circuitele electrostatice, electrice şi magnetice lineare şi nelineare în curent continuu, curent sinusoidal şi în regim nesinusoidal, după care se tratează unitar procesele transitorii şi câmpurile electromagnetice.

In conformitate cu programele analitice în vigoare în Uniunea Sovietică, studenţii iau cunoştinţă de fenomenele electromagnetice încă la cursul de Fizică [2]) cursul de Bazele Electrotehnicei" fiind menit să adâncească fenomenele, să le dea o tratare riguroasă şi să desvolte metodele de calcul adecuate. Primul curs corespunde — am putea spune — etapei fenomenologice, al doilea — etapei tehnico-analitice în studiul electrotehnicei moderne.

Plecând dela această situaţie, pe baza cunoştinţelor precedente ale studentului (sintetizate dealtfel în primul capitol al manualului) autorii au expus în mod clar dar concis, un material care în ediţia din 1946 era desvoltat în două volume (în total circa 900 pag.). Se înţelege însă că manualul nu poate fi folosit pentru prima iniţiere a cititorului care în acest scop se va adresa cursului de Fizică.

După cum am mai menţionat, expunerea este clară şi concisă. Formulările sunt precise şi nu găsim lucruri a căror prezenţă sau lipsă să pară supărătoare, ceeace scoate şi mai mult în evidenţă economia unitară a manualului.

---

[1]) Profesor C. A. Crug: Bazele Electrotehnicei în două volume, ed. VI. Edit. Energ. de Stat, Moscova 1946. Primul volum al acestei lucrări a fost tradus în l. română (C. A. Crug: Bazele Electrotehnicei vol. I. Edit. Tehnică 1952).

[2]) Acest principiu a fost adoptat în 1951 şi în R.P.R.

Credem că manualul „Bazele Electrotehnicei" elaborat la Institutul Energetic din Moscova va fi de un real folos atât studenţilor electricieni, cât şi tuturor specialiştilor din acest domeniu din ţara noastră.

Ing. *M. Berladschi*

D. I. SUDACOVICI: Unelte electrice de mână, traducere din limba rusă, Editura Tehnică (1952).

A apărut de curând în traducerea românească, după originalul sovietic publicat în 1950, această lucrare tratând despre teoria, calculul şi proiectarea uneltelor electrice de mână.

Cartea a fost elaborată pentru a fi folosită ca manual de elevii şcolilor tehnice din industria de maşini pentru construcţii şi drumuri din Uniunea Sovietică, dar din cauza conţinutului ei de deosebită actualitate poate fi folositoare şi inginerilor şi tehnicienilor care lucrează în uzinele ce fabrică unelte electrice de mână pentru construcţii.

Deoarece mecanizarea lucrărilor, prin folosirea raţională a acestor unelte, măreşte considerabil productivitatea muncii manuale, reduce preţul de cost al lucrărilor şi micşorează efortul fizic depus de muncitori, aceste unelte sunt întrebuinţate din ce în ce mai mult şi calitatea lor este permanent îmbunătăţită, uzinele constructoare din Uniunea Sovietică punând la îndemâna muncitorilor tipuri extrem de variate de unelte electrice de mână.

In lucrarea de faţă autorul descrie construcţia diverselor tipuri de unelte electrice împreună cu caracteristicile pieselor lor.

După ce se dau în introducere câteva date istorice în care se arată prioritatea savanţilor ruşi în domeniul desvoltării uneltelor electrice de mână, se face clasificarea acestor unelte. Se arată apoi condiţiile pe care trebue să le îndeplinească uneltele electrice, regimul de lucru şi încălzirea motorului electric şi însfârşit avantajele şi desavantajele acestor unelte faţă de uneltele pneumatice.

După această introducere se trece la capitolul I al cărţii, care tratează despre caracteristicile şi elementele constructive ale principalelor ansamble şi piese ale uneltelor electrice. Se arată aici avantajele şi desavantajele diferitelor tipuri de motoare, se descriu şi se dau elementele pentru calculul transmisiilor (care pot fi cu axe paralele, cu axe care se intersectează şi cu axe care se încrucişează) şi a lagărelor. Insfârşit se descriu accesoriile (întreruptorii, comutatorii, legăturile cu fise, cordoanele, etc.) şi materialele de construcţie folosite, de care depinde în mare măsură funcţionarea în bune condiţii a uneltelor electrice.

In capitolul II se expun generalităţi asupra prelucrării metalelor şi a lemnului cu ajutorul uneltelor electrice. Se arată aici condiţiile pe care trebue să le îndeplinească sculele şi uneltele electrice pentru găurirea, alezarea ,tăierea tablelor de metal, tăierea filetului şi şlefuirea metalelor, apoi găurirea, tăierea, frezarea şi rindeluirea lemnului.

In următoarele două capitole se expun uneltele electrice folosite la prelucrarea metalelor, a lemnului, cheile şi şurubelniţele electrice. Se descriu aici diferite tipuri de maşini de găurit electrice foarfecele electric, ferestraiele electrice circulare, cele cu panglică şi cele cu lanţ, maşina de filetat pentru metale, polizoarele, rindelele electrice, etc.

Capitolul V tratează despre uneltele electrice percutante şi uneltele pentru perforarea rotativă. După ce arată caracteristicile generale ale uneltelor electrice percutante, se trece la descrierea ciocanelor electromecanice, a celor electromagnetice, şi a ciocanelor electropneumatice. In sfârşit urmează descrierea perforatoarelor electrice pentru găuri de mină.

Vibratoarele electrice care sunt folosite din ce în ce mai mult pentru îmbunătăţirea calităţilor betonului, sunt tratate în capitolul VI. Se arată aici scopul pentru care se folosesc vibratoarele şi se face clasificarea lor, după care se trece la descrierea vibratoarelor de suprafaţă, a vibratoarelor de interior şi a celor de exterior. Insfârşit se dau câteva ecuaţii fundamentale pentru calculul vibratoarelor.

Ultimul capitol al cărţii tratează despre exploatarea şi încercarea uneltelor electrice. Se arată aici modul cum se determină puterea absorbită de uneltele electrice, sursele de alimentare şi regulele principale care trebue respectate pentru exploatarea în condiţii optime a uneltelor electrice, importanţa acestor unelte pentru mărirea productivităţii muncii, tehnica securităţii la întrebuinţarea lor, mijloacele pentru înlăturarea defectelor uneltelor electrice, etc.

Cartea se încheie cu o anexă în care se dau o serie de date şi prescripţii tehnice referitoare la materialul expus.

Ing. L. Bedighian

PREZENTĂRI DIN REVISTELE SOVIETICE

BRAGHIN S. M.: *O metodă precisă de calcul termic al cablului.* „Electricestvo" Nr. 5 (1952).

In articol se stabileşte relaţia între coeficientul de transmitere a căldurii şi cantitatea de căldură dispersată, precum şi diametrul suprafeţei care cedează căldură.

Se dă astfel posibilitatea unei mai bune folosiri a materialului cablurilor şi conductorilor exploataţi în aer, deoarece cu ajutorul relaţiilor deduse se poate calcula mai exact rezistenţa termică exterioară a acestora.

Autorul obţine expresia exactă a coeficientului de transmitere a căldurii şi corelaţiile care leagă temperatura de timp — în procesul de încălzire a conductorului.

In desfăşurarea studiului se cer a fi cunoscute: cantitatea de căldură cedată de cablu şi mărimea rezistenţei termice a mediului care înconjoară conductorul, determinat prin coeficientul specific de transmitere a căldurii (definit drept cantitatea de căldură cedată pe unitatea de suprafaţă şi grad) diferenţa de temperatură faţă de mediul ambiant.

Determinarea coeficientului de transmitere a căldurii constitue o chestiune dificilă. De obicei coeficientul se consideră constant, independent de diametrul conductorului şi de căldura pe care o dispersează, luându-se numai în seamă natura suprafeţei de radiaţie; de exemplu cupru, înveliş de plumb sau cauciuc.

Faţă de radiaţie şi convecţie, conductibilitatea aerului se poate neglija.

Din relaţiile care studiază coeficientul de transmitere a căldurii, se vede că acesta depinde de temperatura conductorului, cantitatea de energie dispersată (a căldurii cedate) şi de diametrul său. Studiul de faţă nu neglijează aceste realităţi.

In determinări experimentale, s'au variat mărimile de mai sus, luând conductori monofilari de cupru, aluminiu, alamă şi înveliş de plumb.

S'au luat în considerare: curentul şi timpul de încălzire, creşterea temperaturii cu timpul până la regim staţionar.

Experienţele au fost conduse în două ipoteze:

1. Incălzirea conductorului până la regim staţionar, caracterizat prin obţinerea unei temperaturi constante a conductorului.

2. Incălzirea conductorului într'un regim nepermanent (încălzirea şi apoi răcirea conductorului).

Pentru primul caz, se stabilesc experimental două abace care dau corelaţii între mărimile arătate mai sus. Plecând dela rezultatele obţinute experimental, prin metoda analizei dimensionale se stabileşte o relaţie care dă coeficientul de transmitere a căldurii în funcţie de căldura dispersată şi diametrul conductorului.

Pentru al doilea caz, trecând la ecuaţia integrală care dă coeficientul de transmitere a căldurii şi integrând-o se obţine o expresie care permite calculul acestui coeficient.

Autorul deduce apoi relaţia dintre temperatură şi timp, în procesul de încălzire, care reprezintă cazul general al relaţiilor utilizate curent şi care reprezintă particularizări simplificatoare a acesteia.

Se dă şi un exemplu numeric de calcul, patru tabele cu valori determinate experimental, iar la urmă se deduce formula exactă pentru calculul încălzirii unui conductor omogen.

URNOV C. V.: *Alegerea puterii electromotoarelor după criteriul încălzirii.* „Electricestvo" Nr. 5 (1952).

Puterea electromotorului destinat unei funcţionări prelungite, se marchează pe baza mărimii temperaturii de supraîncălzire admisă, determinată prin durata de funcţionare a motorului, numită temperatura nominală.

Pentru regimul de funcţionare intermitentă — de scurtă durată a motoarelor, temperatura de supraîncălzire se schimbă uniform.

Dacă un motor, a cărui putere nominală este dată pentru regimul de funcţionare prelungită, se alege pentru regimul de funcţionare intermitentă — de scurtă durată, atunci pierderile medii nu pot fi mai mari decât cele nominale (corespunzătoare puterii nominale), adică pentru aceeaşi durată de funcţionare, care dă longevitatea motorului, temperatura medie a supraîncălzirii trebue să fie sub cea nominală.

Astăzi se poate aprecia greu valoarea practică a diferitelor metode de alegere a puterii motoarelor pentru regimurile de funcţionare intermitentă — de scurtă durată, datorită faptului că toate metodele trebue să se bazeze pe normele cu privire la încălzire, care de mult nu au fost revizuite.

Acest lucru face ca să nu fie permisă alegerea unei puteri mai mici a electromotorului faţă de puterea maşinii de producţie (acţionate), chiar dacă ele lucrează în regim intermitent — de scurtă durată.

Dintr'un exemplu citat după R. L. Aronov, se vede mai clar că normele actuale trebue revizuite.

Autorul se referă şi la problema calculului puterii motoarelor prin metoda pierderilor medii, arătând că în regimul de funcţionare intermitentă — de scurtă durată, esenţialul constă în mărimea temperaturilor de vârf în diferitele părţi ale motorului.

De fapt regula actuală, de alegere a puterii motorului egală cu puterea maşinii acţionate, atunci când ciclul depăşeşte 10 min, rezolvă problema alegerii motorului după criteriul pierderilor medii, când durata ciclului este mai mică de 10 minute, iar motorul astfel ales va lucra cu vârfurile de temperatură mai mari decât temperatura nominală, condiţionând astfel micşorarea duratei de serviciu.

Autorul arată că regula de calcul existentă a timpului unitar a ciclului la toate motoarele, poate fi perfecţionată şi înlocuită cu o regulă care să ţină cont de particularităţile individuale ale motoarelor.

Pentru calcul mai perfecţionat se cere introducerea noţiunii de constantă de calcul a timpului de încălzire.

Revizuirea regulelor de alegere a puterii electromotoarelor pentru funcţionarea intermitentă — de scurtă durată, trebue să ţină cont în afară de temperaturile nominale de supraîncălzire şi de supraîncărcările de temperatură cuprinse în limite practice, iar aceste probleme nu pot fi privite separat fără ca metoda să sufere.

MATLIN S.: *Aparataje de măsură şi control.* „Radio" Nr. 7 (1952).

Autorul trece în revistă mai multe aparate de măsură şi control care au fost prezentate la cea de a 10-a expoziţie unională de radiotehnică. Aceste aparate au cuprins 25% din totalul obiectelor expuse. In secţia aparatelor de măsură s'au primit 284 construcţii.

Autorul descrie succint câteva aparate care au stârnit un interes deosebit, ca: oscilograful biradial (B. Lemin); aparat universal cuprinzând un avometru şi un încercător de lămpi (N. Budaşcenco); aparat pentru măsuratul rezistenţei şi capacităţii condensatorilor (O. Leşucov); măsurătorul inductanţei (colectiv din Talin); indicatoare de frecvenţă etc.

10 fotografii înfăţişează aparatele descrise.

Se critică faptul că nu s'au prezentat în număr mai mare aparate de măsură pentru gamele ultrascurte şi pentru domeniul impulsurilor.

BARSCHII S. Z.: *Resurse pentru mărirea preciziei de reglaj static la comenzile electrice automatizate.* „Electricestvo" Nr. 6 (1952).

Precizia reglării statice este baza regimului normal de funcţionare a multor dispozitive industriale, ca dispozitivele de acţionare electrică a strungurilor de precizie, de înfăşurare electrică la maşinile de fabricat hârtie şi la laminoarele pentru laminatul metalelor la rece, etc.

Greutatea construcţiei şi asigurarea preciziei necesare de comandă, cresc cu extinderea gamei de reglaj a vitezei.

Se prezintă metoda de calcul a preciziei reglării statice a dispozitivului de comandă electrică după sistemul generator-motor cu gama largă de variaţie a vitezelor.

Sunt prezentate principiile şi metodele de calcul ale sistemului cu coeficient de cuplaj invers.

Sunt indicate diferite variante de sisteme cu coeficient de cuplaj invers şi metodele de calcul.

Variaţia coeficientului de cuplaj se poate realiza cu ajutorul schemelor parametrice bazate pe rezistenţe neliniare.

ADONTZ G. T.: *Cercetarea regimurilor de repornire şi pornire repetată automată sub sarcina dată de motoarele asincrone.* „Electricestvo" Nr. 5 (1952).

Intr'o serie de împrejurări, cum ar fi căderea tensiunii în urma scurt circuitelor, sau a altor cauze, se produc deconectări în masă a motoarelor alimentate de reţea, ceeace produce mari pagube economiei Statului. De aceea, problema ridicării stabilităţii dinamice a nodurilor de sarcină a sistemului energetic, rămâne actuală.

In sistemele energetice care posedă un număr mare de motoare asincrone sub sarcină, acţionând mecanisme cu moment de rezistenţă statică-constant, se observă din cauza căderii de tensiune la repornirea motoarelor şi accelerarea lor greoaie, darea afară a sarcinilor mari, cu toate că se întrebuinţează metode curente de mărire a stabilităţii în reţea. Deconectările survin în trepte, la anumite intervale de timp, dacă fenomenul tranzitoriu depăşeşte timpul maxim de protecţie impus aparatelor de întrerupere.

Deconectarea motoarelor de putere mică — de sacrificiu, în scopul de a da posibilitate de repornire motoarelor puternice, nu dă rezultatele dorite, deoarece puterea primelor constitue numai o mică parte din totalul sarcinilor.

Pentru găsirea metodelor care să preîntâmpine darea afară a unei părţi din sarcinile mari, în timpul regimurilor de avarii în reţea, s'au făcut experimentări asupra a două centre de alimentare, făcând parte dintr'un sistem energetic în care precumpăneau motoarele asincrone de 180...200 kW şi 2 şi 6 kV, acţionând mecanisme cu moment de rezistenţă statică-constant.

Experienţele au urmărit să constate dacă este posibilă pornirea repetată automată a motoarelor mari, sub sarcină, fără descărcarea prealabilă a mecanismelor pe care le acţionează.

S'au obţinut rezultate bune pentru momente rezistente destul de mari şi diverse tensiuni exprimate în părţi din tensiunea nominală.

Cel mai important rezultat este posibilitatea repornirii motoarelor, dela valoarea alunecării $s = 1$ şi coeficient de încărcare 0,9.

Pentru $s = 1$ s'au făcut câteva zeci de încercări, stabilindu-se posibilitatea introducerii largi în practică sistemelor energetice a metodei pornirii automate repetate (A.P.P.) sub sarcină a agregatelor asincrone deconectate, sau pe punctul de a se deconecta.

Rezultatele experimentale şi de calcul sunt prezentate într'un tabel.

Deoarece darea afară a motoarelor nu rezolvă problema stabilităţii, apare mai raţională scoaterea temporară din funcţiune (pe 10...20 s), pentru ca apoi grupuri întregi să fie pornite automat în mod repetat — fără descărcarea mecanismelor acţionate.

Motoarele care pot fi supuse întreruperii temporare trebue alese astfel încât oprirea să nu dăuneze procesului tehnologic pentru o oprire de 10...30 s.

Autorul recomandă un sistem de repornire şi pornire automată repetată (A.P.P.), permiţând, în cazul avariilor grave care dau căderi mari sau chiar dispariţia tensiunii, să se evite darea afară a sarcinilor.

Metoda de calcul a sistemului de repornire şi A.P.P. este ilustrată printr'un exemplu.

Este cercetată şi problema metodei de calcul a regimurilor de repornire sub sarcină a motoarelor asincrone cu parametrii r şi x variabili, dându-se o metodă aproximativă, cu rezultate care concordă cu datele experimentale în limitele $\pm 5\%$.

Pe baza studiului teoretic, se dă la sfârşitul articolului un exemplu, bazat pe trei experienţe simple.

Alegerea numărului de agregate utilate cu dispozitive A.P.P. se face ţinând cont de posibilităţile date de condiţiile tehnologice.

Cercetând durata de calcul a întreruperii alimentării cu energie electrică, se ajunge la concluzia că aceasta ia valori cuprinse între 1..2 s. Este de preferat că motoarele utilate cu A.P.P. să aibă posibilitatea de a fi menţinute în circuit timp de 0,5 s la dispariţia tensiunii, astfel ca să poată fi evitate declanşările inutile atunci când aceste întreruperi nu depăşesc 0,5 s.

In afară de tabelul care conţine o serie de date experimentale şi de calcul, în cadrul articolului sunt prezentate 7 oscilograme ridicate asupra curentului static, vitezei arborelui motorului şi a mecanismului condus, tensiunea la bornele motorului şi a transformatorului.

SOROCHER T. G. şi GORJEVSCHI I. I. : *Calculul câmpurilor magnetice în întrefierul maşinii sincrone cu polii expliciţi.* „Electricestvo" Nr. 6 (1952).

Câmpul magnetic din întrefierul maşinei electrice determină un şir de parametri ai maşinii, a căror cunoaştere este necesară pentru calculul şi studiul proceselor de demarare şi transitorii.

Câmpul în întrefierul liber este produs prin acţiunea comună a tuturor înfăşurărilor. Se poate determina câmpul magnetic în întrefier ca suma câmpurilor magnetice, create de fiecare înfăşurare în parte.

Pentru calculul fenomenelor în maşina sincronă, se cere determinarea fluxurilor produs de înfăşurările bobinelor de excitaţie şi de rotorul indus precum şi de fluxurile în axul transversal produse de înfăşurarea rotorului indus.

Calculul proceselor de demarare sau ale celor transitorii cere determinarea suplimentară a fluxurilor condiţionate de bobina de amortizare din axele longitudinale şi transversale.

Pe baza practicei calculelor şi a studiilor maşinilor sincrone autorii articolului au elaborat metode de calcul şi grafice pentru determinarea coeficienţilor care caracterizează câmpurile magnetice în întrefierul maşinilor sincrone cu poli aparenţi.

Pentru determinarea coeficienţilor de calcul, este necesară construcţia grafică a câmpului magnetic produs în întrefierul maşinii.

Forma câmpului depinde de distribuirea forţei active dealungul circonferinţei rotorului indus şi configuraţia întrefierului liber.

MEDVEDEV S. C. : *Măsurarea unghiului dielectric critic în cazul acţiunii simultane a tensiunii continue şi alternative.* „Electricestvo" Nr. 6 (1952).

La multe construcţii electrotehnice (conductori, etc.) izolaţia se găseşte sub acţiunea simultană a tensiunii continue şi alternative. Pierderile dielectrice influenţează asupra alegerii construcţiei, condiţionează durata de serviciu, siguranţa în exploatare, temperatura, etc.

Autorul studiază variaţia tangentei unghiului pierderilor dielectrice ale condensatorilor de diferite împregnări dielectrice, sub tensiunea alternativă, cu suprapunerea simultană a tensiunii continue.

Se explică cauza variaţiei unghiului de pierdere.

PUMPER E. : *Triozi cu cristal,* „Radio" Nr. 6 (1952).

In istoria desvoltării radiotehnicii, un rol important îi revine detectorului cu galenă (cristal), folosit pentru prima dată în anul 1901 într'un receptor radiofonic de marele savant rus A. S. Popov, inventatorul radioului. Până la primul război mondial detectorul cu galenă era singurul tip folosit în radiotehnica de recepţie. Abia după aceea a început folosirea lămpilor electronice, care au dat la o parte detectorul cu galenă.

In ultimii ani, detectorul cu galenă a fost scos din nou la suprafaţă, recunoscându-se importanţa lui. Cercetările de laborator ale oscilaţiilor de superînaltă frecvenţă au demonstrat că acest tip de detector este cel mai bun redresor al oscilaţiilor menţionate, posedând la asemenea frecvenţă o sensibilitate mai ridicată decât detectorul cu lămpi.

Recent s'a stabilit că detectorul perfecţionat cu cristal şi două resorturi de contact poate fi folosit drept amplificator de tensiuni şi curenţi electrici, înlocuind lampa electronică de amplificare. Asemenea amplificatori sunt denumiţi „triozi cu cristal".

Autorul expune modul de funcţionare al triozilor cu cristal, desvoltând proprietăţile electrice ale semiconductorilor, fenomenele din stratul de contact al detectorului cu cristal, schemele de construcţie şi conexiune a triozilor cu cristal.

Rentabilitatea şi gabaritele mici ale triozilor cu cristal îndreptăţesc folosirea lor largă în receptoare, în locul lămpilor electronice.

MOJARSCHI P. : *Transformatorul generatorului de măturare* (desfăşurare în rânduri la televizor). „Radio" Nr. 7 (1952).

Se descrie construcţia unui transformator pentru măturare (desfăşurare în rânduri) pentru televizori, pentru o tensiune până la 15 kV între bobinajul anodic şi cel de eşire, care asigură desfăşurarea completă în rânduri a tubului catodic şi dă o tensiune redresată de 12 kV.

Figurile reprezintă schema carcasei bobinajului de eşire şi a secţiilor dispuse în ea, schema carcasei pentru secţiile bobinajului anodic sau ridicător şi aspectul transformatorului finit.

Miezul transformatorului se confecţionează din tole de 0,25÷0,30 mm grosime. Secţiunea miezului este de 5÷6 cm².

REDACŢIA : *Antenă pentru televiziune.* „Radio" Nr. 7 (1952)

Aşezarea unei antene de televiziune pe acoperişul clădirii strică aspectul arhitectonic şi reclamă lucrări complicate, pe lângă consumul excesiv de materiale. Practica a demonstrat că în scopul recepţiunii emisiunilor de televiziune până la o distanţă de 20...25 km dela postul emiţător, nu este nevoe de o antenă exterioară.

Se descrie o simplă antenă interioară care poate fi aplicată la televizori de orice tip. Ea este executată în forma unei construcţii portative demontabile, cu radiatori telescopici, aşa că se poate plasa în cameră acolo unde se obţine recepţia optimă iar după recepţie se poate demonta şi aşeza într'un colţ al încăperii.

Figurile arată schema antenei, schema detaliilor ei şi secţiunea radiatorilor şi detaliile furculiţei bipolare.

LABUTIN L. : *Excitator pentru emiţători de unde scurte* „Radio" Nr. 7 (1952).

In articol se descrie un excitator pentru emiţător de unde scurte din categoria I şi II construit de radioamatori. El dă la eşire o putere suficientă pentru excitarea unui emiţător de 100 W iar stabilitatea frecvenţei oscilaţiilor generate depăşeşte normativul oficial.

Pentru a funcţiona cu un asemenea excitator, emiţătorul de categoria II-a poate să aibă un singur etaj : amplificator de putere. Emiţătorii de categoria I trebue să mai posede un circuit pentru dublarea frecvenţei pentru gamele de 14 şi 10 m.

Excitatorul se alimentează dintr'un redresor care dă o tensiune de 400÷500 V la curent de 80÷90 m. a.

Schema principală a excitatorului se redă în figura 1.

Se descriu toate detaliile, metoda de construcţie, procedeul de reglaj şi rezultatele la încercare.

TOCMACOV IU. : *Controlul funcţionării emiţătorului.* „Radio" Nr. 7 (1952).

Un dispozitiv simplu care permite controlul atât a părţii de joasă frecvenţă cât şi a funcţionării emiţătorului şi calităţii emisiei cu cheie.

Dispozitivul este un generator de oscilaţii pe frecvenţă sonoră, comanda efectuându-se cu ajutorul unei lămpi cu neon montate în circuitul de înaltă frecvenţă a emiţătorului.

Se arată schema de principiu şi metoda de punere la punct a dispozitivului.

SUMARE DIN REVISTELE SOVIETICE

ELECTRICESTVO
(Electricitate)
Nr. 11 (1952)

— Măreţul program de desvoltare a electrificării în U.R.S.S.; *Iohvidev E. S.* şi *Servinovschii G. V.*: Cu privire la schemele de alimentare cu energie electrică a clădirilor înalte; *Vajnov A. I.* şi *Mktcian E. S.*: Generatorul trifazic serie cu colector, ca rezistenţă negativă; *Ence V. V.*: Diagrama curentului maşinii sincrone saturate cu poli aparenţi; *Rudacov V. V.*: Influenţa deplasării periilor circuitului transversal asupra fenomenelor tranzitorii dintr'o amplidină; *Bul B. C.*: Metodele de calcul ale circuitelor magnetice, ţinând seama de rezistenţa magnetică a oţelului; *Petrov B. P.*: Influenţa forţei electromotoare de autoinducţie din circuitul electromotoarelor de tracţiune, asupra patinării roţilor la frânare; *Carasiov V. A.* şi *Sclianin A. V.*: Cu privire la calculul supratensiunilor din înfăşurările transformatorilor; *Baiev A. V., Cricenova I. A.*: Despre caracteristicile redresorilor; *Svencianschii A. D.* şi *Malăşev S. A.*: Calculul elementelor dela caloriferele electrice; *Maximovici N. G.*: Cu privire la teoria de transformare a schemelor a lui G. Kron; *Voronov R. A.*: Calculul circuitelor cu elemente neliniare prin metoda corecţiilor; *Ostrovschii M. A.*: Aparat pentru măsurarea iluminărilor slabe; Din experienţa muncii: *Ogerodnev S. I.*: Din experienţa exploatării acţionărilor electrice dela presele mari; Din istoria electrotehnicii: *Zalesschii A. N.*: Despre prioritatea lui V. V. Petrov în descoperirea arcului electric; *Tuckernic L. V.*: Rolul lui M. O. Dolivo-Dobrovolschii în realizarea schemelor compound pentru maşinile sincrone; Standarde şi norme: *Teleşev B. A.*: Precizări necesare în terminologia măsurilor de putere reactivă; *Siretinschii E. L.*: Despre notaţiile convenţionale şi regulile de desen pentru schemele de automatizare şi protecţie prin relee; Discuţii: *Luboşchii L. M.*: Cu privire la articolul lui G. I. Sturman „Colivii de veveriţă deschise, la motoarele asincrone cu rotor în scurt circuit"; *Feermarc M. M.*: Reguli de construcţie a instalaţiilor electrotehnice; *Soloviev I. I., Zeilidson E. D.*: Cu privire la articolul lui E. L. Sirotinschii „Despre notaţiile convenţionale şi regulile de desen pentru schemele de automatizare şi protecţie prin relee"; Note şi scrisori: *Stolov L. I.*: Câteva probleme de metodică a predării cursului de maşini electrice; *Cozlov V. A.*: Despre criteriul economic al reţelelor orăşeneşti de cabluri; Cronica: *Covalencov I. V., Culeşiv V. N., Meşcov V. V., Ivanov I. P.* ş. a.: Profesorul P. A. Azbuchin. La a 70-a aniversare a zilei de naştere; *Meşcov V. V., Ivanov I. P.* ş. a.: Profesorul I. L. Caganov. La a 50-a aniversare a zilei de naştere; Răsfoind revistele tehnice: — Perspectivele de alegere a curentului pentru electrificarea căilor ferate principale; — Daltă electrică; — Vibrator electric; — Mărirea duratei de funcţionare a acumulatorilor dela automobile; Din străinătate: *Visleuh L. A.*: Instalaţia de redresare dela o staţie de tracţiune; *Craiz A. G.*: Obţinerea tensiunilor înalte continui preîncărcarea picăturilor de mercur; Bibliografie: *Svencionschii A. B.* şi *Vainberg A. M.*: Cartea lui I. E. Efreimovici şi V. I. Feighin „Reglajul automat al cuptoarelor metalurgice cu arc electric". Metallurghizdat, 1951, pag. 236; *Tverava G. C.*: Cartea lui M. A. Silonozov „Aparate electrice de măsură şi control. Reparaţii şi încercări". Maşghiz. 1951, 296 pag.; *Volofcoi N. V.*: Despre literatura tehnică din domeniul iluminatului prin luminiscenţă; *Baluev V. C.*: Cartea lui I. A. Şneider „Mihail Matveevici Borescov" Gosenergoizdat. 1951, 147 pag.; — Cărţi noi în domeniul electricităţii, electrotehnicii şi electroenergeticii.

ELECTRICESTVO
(Electricitate)
Nr. 12 (1952)

Glazunov A. A., Besemertnîi I. S. şi alţii: Principiile de bază pentru alcătuirea schemelor reţelelor electrice urbane; *Aizenberg B. L.*: Alegerea metodei de calcul a reţelelor electrice urbane; *Petrov G. N.* şi *Ocuni S. S.*: Transformatori de curent cu compensarea erorilor prin metoda Institutului de Energetică din Moscova (M E I); *Barschii S. Z.*: Magnetizarea longitudinal-transversală şi manifestarea ei în maşinile electrice; *Jirov L. G.*: Calculul rezistenţelor de demaraj la motoarele maşinilor miniere de extracţie; *Posse A. V.*: Redresor monofazic în cascadă cu tuburi ionice, pentru alimentarea motoarelor de tracţiune; *Samodelchin V. B.*: Despre calculul tensiunii restabilite la supapele ionice montate în putere trifazică; *Sincov V. M.* şi *Emilianov A. V.*: Tensiunea redresată în cazul scurtcircuitelor bipolare în circuitul de alimentare al schemei Larionov; *Renne V. I.*: Caracteristicile specifice ale condensatorilor electrici; *Gomciarschii L. A.*: Metodă de determinare a proprietăţilor magnetice ale cadrelor galvanometrelor electromagnetice; Din experienţa muncii; *Daşcenco I. T.* şi *Tapulin P. I.*: Din experienţa reţelelor electrice buclate urbane; *Lucanina N. D.* şi *Siberle L. M.*: Compararea tehnico-economică a două scheme pentru o reţea electrică urbană. Din istoria electrotehnicei; *Golubţova V. A.*: Problemele izolaţiei electrice în lucrările savanţilor ruşi; Standarde şi norme; *Plis G. S.*: Noi standarde referitoare la maşini electrice; Discuţii; *Gorenştein M. D.*: Referitor la articolul lui E. S. Ihvidov şi G. V. Serbinovschii „Despre schemele reţelelor electrice în legătură cu construcţia clădirilor cu mai multe etaje; *Staroscolschii N. A.*: Referitor la articolul lui V. N. Popeliaş „Sistem de alimentare cu trei conductori a troleibuselor"; Note şi scrisori; *Iumatov A. A.*: Despre reprezentarea axelor de coordonate; *Gruizov L. N.*: Referitor la articolul lui N. G. Maximovici „Despre teoria transformării schemelor a lui G. Kron"; Răsfoind revistele tehnice; — Noi aparate de mecanisme electrificate; Un excavator păşitor sovietic; — Răcirea prin evaporare a transformatorilor; Cronica; — Sesiunea ştiinţifică a Institutului Industrial din Azerbaidjan „Azizbecov"; *Satelen M. A., M. P. Costenco* şi alţii: Profesorul V. A. Tolvinschii. Necrolog; *Ermolin N. P., Alexeev A. E.* ş. a.: Profesorul V. T. Casianov. Necrolog; Bibliografie: *Gheiler L. B.*: Cartea lui S. A. Volotcovschii, A. E. Trop, A. T. Blajohin şi M. Iu. Suhatovici „Principiile acţionării electrice şi ale automatizării „Ugletchizdat, 371 pag.; — Cărţi noi în domeniul electricităţii, electrotehnicei şi a electroenergeticii; — Lista articolelor publicate în revista „Electricestvo" în anul 1952.

RADIO

Nr. 11 (1952)

— Spre noi victorii ale comunismului; *Tepuria Z.*; Radiocomunicaţiile în ţara socialismului; *Minţ A.*: Radiotehnica sovietică în decurs de 35 de ani; *Docuceaev N.*: Radioamatorismul sovietic; *Lihodievdchii A.*: Un propagandist al cunoştinţelor radiotehnice; *Vasiliev V.*: Radioficarea ţării; *Tacoev C.*: Un inovator; *Filimonov I.*: Instalaţiile de radio în clădirea Universităţii din Moscova; *Glicman S.*: Un amplificator de 2 KW, construit pe baza amplificatorului de tip vechi VUO-500; *Ceasov O.*: Aparatul de recepţie cu pick-up „Ural-52"; — Insignele învingătorilor în întrecerile unionale ale Asociaţiei Voluntare pentru colaborarea cu armata, aviaţia şi flota (Dosaaf); — Un adaptor pentru recepţia undelor ultrascurte, cu modulaţii de frecvenţă; *Labutin L.*: Construirea filtrelor cu cuarţ; *Dodiulin I.*; Rezultatele celei de a şasea întrecere a radioamatorilor de unde scurte din regiunea Ural; *Drebot G.*: Transmite Moscova (reportaj asupra emisiunilor Centrului de Televiziune din Moscova); *Taranţov A.*: Tubul de emisie „supererticon" pentru televiziune este o inovaţie sovietică; *Smacov P.*: Problema transmiterii programelor de televiziune la mari distanţe; *Cuznefov V.*: O antenă de televiziune colectivă; *Apollonova L., Sumova N.*: Discuri de durată lungă cu şanţuri microscopice („Micrografe"); *Cuşelev J.*: Magnetofon adaptor; *Azatian A.*: Lămpi noi; Schimb de experienţă.

RADIO
Nr. 12 (1952)

— Sub steagul Construcţiei Staliniste; — Mai multă atenţie comunicaţiilor pe unde ultrascurte; — Radioamatorii din Asociaţia Voluntară pentru colaborarea cu Armata, Aviaţia şi Flota (Dosaaf) se pregătesc pentru cea de a II-a expoziţie de radio; *Stepanova V.*: Un maistru radioconstructor; *Sulghin C.*: Cu sprijinul activului; — Conferinţa prin corespondenţă a cititorilor revistei „Radio"; — La organizaţia internaţională de radiodifuziune; *Rabchin L. Epştein B.*: Mate-

riale magnetice nemetalice ; *Vendelin A.* : Transmisia programelor de radiodifuziune spre staţiile de amplificare raionale prin curenţi de înaltă frecvenţă ; *Stepniac V.* : Reostat de încălzire pentru staţia de amplificare KRU-2 cu alimentare la baterii, destinată gospodăriilor colective ; — Să se treacă dela vorbe la fapte ; *Alexeev S.* : Radioamatori — entuziaşti ai comunicaţiilor pe unde ultrascurte ; *Cazanschii N.* : Cea de a cincia întrecere radiotelefonică unională a radioamatorilor de unde scurte din Asociaţia Voluntară pentru colaborarea cu Armata (Dosaaf) ; *Seico V. I.* : Intrecerea radioamatorilor de unde scurte din Harcov ; *Chireev O.* : Intrecerea radioamatorilor de unde scurte din regiunea Stalin ; *Spilevoi V.* : Secţia de unde scurte a clubului de radio al Asociaţiei Voluntare pentru colaborarea cu Armata din Dnepropetrovsc ; *Meerson A.* : Un tip de modulometru ; *Tutorschii O.* : Amplificator de antenă pentru televiziune ; *Socolov G.* : Un montaj economic pentru baleiajul de linie ; *Arenberg A.* : Radioecoul pe unde ultrascurte ; *Sebeţchii N.* : Indicatorii staţiilor de radiolocaţie ; *Volcov A.* : Inregistrarea sunetului la cea de a 10-a expoziţie unională de radio ; *Ivanov V.* : Un magnetofon pentru amatori ; *Vâsoţchii R.* : Dispozitiv pentru demagnetizarea benzilor feromagnetice ; *Mihailov R.* : Condensatori ceramici cu capacitatea constantă ; *Cniajiţchii G., Meicic R.* : Instruirea radiotelegrafiştilor ; Consultaţii tehnice ; — Nicolai Afanasievici Baicauzov (necrolog) ; — Schimb de experienţă, 17, 28, 41.

CĂRŢI NOI DE ELECTRICITATE, ELECTROTEHNICĂ ŞI ELECTROENERGETICĂ

editate în 1952

în U.R.S.S.

Absulaev G. M. : Semiconductoare electronice şi utilizarea lor, ed. Acad. R. Azerb. U. S., 56 pag.

Blaus A. : Electromotoare în agricultură. In limba letonă, 191 pag. Latgosizdat.

Voloţcoi N. V. : Instalaţiile electrice în casele de locuit, 120 pag. Ed. M.C.H. RSFR.

Voronţov F. F. : Alegerea secţiunilor la conductori şi cabluri pentru instalaţiuni electrice. Ed. II, 80 pag. Gosenergoizdat.

* * * Instrucţiuni pentru montajul şi exploatarea motoarelor asincrone dela 0,6 la 100 kW. MEP U.R.S.S. 32 pag.

Caranicev C. B. : Metodele măsurătorilor electrice, 335 pag. Gosenergoizdat.

Chitaev E. V. şi *Grevţev N. F.* : Curs de electrotehnică generală. In limba letonă. Trad. din ed. 4 prelucrată. 774 pag. Latgosizdat.

Culicovschi L. F. : Aparatura electrică de măsurat pentru controlul proceselor de foraj. 166 pag. Gostoptehizdat.

Maximov P. G. : Curs de electrotehnică. Pentru şcoli militare de telecomunicaţii. Ed. 2. 624 pag. Voenizdat.

Nesmacinala A. C. : Securitatea electrică la staţiile de încercare ale uzinelor industriei electrice, 55 pag. Profizdat.

Racov V. I. : Tuburi electronice pentru Roentgen, 260 pag. Gosenergoizdat.

Saharov D. I. şi *Cosmincov I. S.* : Culegere de probleme din fizică, Ed. 5, 256 pag. Ucipedghiz.

Tcaci C. şi *Sameutdinov* : Utilizarea energiei electrice în colhozul Hruşcev. 11 pag. Tatgosizdat.

Uvarov I. B. şi *Afanasiev L. S.* : Sincronizarea motoarelor asincrone după schema DAG. Scurt îndreptar. 84 pag. Gostoptehizdat.

Şurov S. V. : Eficienţa economică a electrificării în producţia colhozurilor. 312 pag. Selhozghiz.

* * * Exploatarea liniilor aeriene de transport al curentului electric. Culegere de articole sub. red. lui A. I. Sâromiatniecov. 240 pag. Gosenergoizdat.

ULTIMELE LUCRĂRI PUBLICATE DE I.D.T.

a) Cărţi traduse

Corolicova V. I. : Protecţia împotriva electrocutării în întreprinderile industriale.

* * * Materiale electroizolante noi.

Cosoleova V. I. : Electrosecuritatea.

Voronov V. I. : Proiectarea echipamentului electric de forţă al întreprinderilor industriale.

b) Reviste şi buletine

„Documentarea Tehnică" Nr. 1 şi Nr. 2.

c) Studii de sinteză

Imbunătăţirea factorului de putere în reţelele electrice.

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academeiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească, în general, 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeț, pe ambele exemplare.
In mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografi; numărul lor să fie însă numai cel strict necesar înțelegerii textului.
Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9 × 12 cm.
Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, care să cuprindă neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și foarte citeț. Indicii să fie scrișI mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeț, numele și pronumele complect, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon, spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie, precum și domiciliul și circumscripția financiară pentru a putea remite drepturile de autor.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolelor și a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POȘTALE DELA ORAȘE ȘI SATE, PRIN FACTORI POȘTALI, PRIN PROPAGANDIȘTI, PRECUM ȘI LA SECȚIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

Tarif pentru întreprinderi — *LEI 96 anual*

„ pentru muncitori, tehnicieni, ingineri — *LEI 30 „*

EDITURA ENERGETICA DE STAT

CĂRŢI APĂRUTE:

N. A. Semenenco: **„Resurse energetice secundare în industrie"**, (traducere din limba rusă) — 216 pag. . . 11,60 lei

V. N. Pocrovschi: **„Alimentarea cu apă a centralelor termoelectrice"**, (traducere din limba rusă) — 244 pag. . 15,— „

P. A. Dolin: **„Repararea transformatorilor"**, (traducere din limba rusă) — 200 pag. . . . . 10,95 „

N. Gheorghiu şi P. Militaru: **„Iluminatul electric"**, 416 pag. 18,20 „

B. M. Tareev: **„Materiale electrotehnice"** (traducere din limba rusă) — 200 pag. . . . . 12,90 „

L. V. Litvac: **„Problemele ameliorării factorului de putere în întreprinderile industriale"**, (traducere din limba rusă) — 120 pag. . . . . 7,80 „

M. S. Riabov: **Partea electrică a instalaţiilor de iluminat"**, (traducere din limba rusă) — 232 pag. . . . . 13,50 „

M. I. Cuznețov: **„Electrotehnica"**, (traducere din limba rusă) 512 pag. . . . . 15,60 „

N. G. Drozdov: **„Electricitatea statică în industrie"**, (traducere din limba rusă) — 160 pag. . . . . 9,45 „

C. D. Voscresenschii: **„Culegere de probleme de transmiterea căldurii"**, (traducere din limba rusă) — 204 pag. 11 „

C. S. Ţâchin: **„Transformatorii de joasă frecvenţă"**, (traducere din limba rusă) — 416 pag. . . . . 23,58 „

P. V. Borisoglebschi — **„Bazele fizice şi metodele pentru încercarea preventivă a izolaţiei industriale"** (traducere din limba rusă) — 228 pag. . . . . 12,10 „

L. B. Rivlin: **„Motoarele electrice şi exploatarea lor"** (traducere din limba rusă) — 384 pag. . . . . 22,80 „

I. S. Antoniu şi H. Albert: **„Culegere de probleme de electrotehnică"** — 296 pag. . . . . 14,80 „

I. L. Baida: **„Curs general de măsurări electrice"** (traducere din limba rusă) — 390 pag. . . . . 25,95 „

S. N. Sorin: **„Instalaţii de cazane"** (traducere din limba rusă) 224 pagini . . . . . 17,70 „

V. I. Bunkin: **„Exploatarea instalaţiilor de turbine cu abur"** (traducere din limba rusă) — 280 pag. . . . . 19,15 „

COLECŢIA ENERGETICĂ

N. L. Butenco: **„Călăuza lăcătuşului la montarea suprafeţelor de încălzire ale cazanelor cu abur"**, (traducere din limba rusă) — 112 pag. . . . . 5,41 „

A. S. Sereda: **„Reparaţiile rapide şi mărirea siguranţei în exploatarea centralelor termoelectrice"** (traducere din limba rusă) — 136 pag. . . . . 6,25 „

V. A. Orlov: **„Aparate automate pentru analiza gazelor la centralele electrice"** (trad. din limba rusă) — 116 pag. 6,35 „

A. A. Vasiliev: **„Bateriile de acumulatori în sistemele energetice"** (traducere din limba rusă) — 152 pag. . 7,20 „

G. S. Bobrovschi: **„Călăuza fochistului dela instalaţiile industriale de cazane"**, (traducere din limba rusă) — 136 pag. 7,40 „

E 2040/d

KAT

Institut. de Documentare Tehnică
BUCUREŞTI
ОБМЕН - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

5

PENTRU UZ INTERN

3032

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

1953

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

APARE LUNAR SUB INGRIJIREA UNUI COMITET DE REDACŢIE

Anul I • Nr. 5 Mai 1953

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

CUPRINSUL

Pag.

* * * 1 Mai 1953 3

V. Bunea: Maşini electrice cu întrefier neuniform 5

P. Dimo: Calculul reţelelor electrice pe modele. Posibilităţile meselor de calcul de curent continuu 20

Edm. Nicolau: Circuite de măsură în dublu T . . 26

I. Bădică şi *C. Gheorghiu:* Fabricarea plasticurilor de cauciuc folosite la izolarea conductorilor şi cablurilor electrice 34

DIN EXPERIENŢA UNIUNII SOVIETICE

I. C. Bobrovscaia, I. L. Bâhovschi, C. P. Egorov, B. S. Clebanov, V. S. Medvedev, N. G. Macocina: Telecomunicaţii telefonice de înaltă frecvenţă pe linii de transport de energie electrică 39

DOCUMENTARE 45

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

* * * 1 мая 1953 г. 3

В. Буня: Электрические машины с неравномерным воздушным завором 5

П. Димо: Расчет электрических цепей на образцах Возможности расчетных столов постоянного тока 20

Эдм. Николау: Измерительные контуры Т . . . 26

И. Бадика и *К. Георгиу:* Производство резиновых пластикатов применяемых для изоляции электрических проводов и кабелей 34

ИЗ ОПЫТА СОВЕТСКОГО СОЮЗА

И. К. Бобровская, Я. Л. Быховский, К. П. Егоров, Б. С. Клебанов, В. С. Медведев, Н. Г. Мякочина: Дальняя телефонная высокочастотная связь по линиям электропередачи 39

ДОКУМЕНТАЦИЯ 45

REDACŢIA: Bucureşti, B-dul 1848 Nr. 10
Raionul Tudor Vladimirescu
Telefon: 30730—35728

1 MAI 1953

Ziua de 1 Mai, măreața zi a solidarității internaționale a celor ce muncesc, a constituit o strălucită demonstrație a oamenilor muncii pentru apărarea și întărirea păcii, a arătat că, pe zi ce trece, forțele păcii cresc și se întăresc tot mai mult.

In fruntea uriașelor forțe care luptă pentru pace, pășește cu hotărîre Uniunea Sovietică. Importantele acțiuni întreprinse de U.R.S.S. dovedesc politica ei de pace, politică pe care Statul Sovietic o duce cu fermitate din prima zi de când a luat ființă. Colaborarea internațională, desvoltarea legăturilor comerciale și culturale între toate țările, pe baza respectării intereselor reciproce și a convingerii depline că nu poate exista problemă în litigiu care să nu poată fi cu succes rezolvată pe cale pașnică, prin buna înțelegere a părților interesate, constituie principalele obiective ale politicii externe a Uniunii Sovietice.

„In ceeace privește Uniunea Sovietică, interesele ei în general nu pot fi despărțite de cauza păcii în întreaga lume", a spus I. V. Stalin în cuvântarea rostită la Congresul al XIX-lea al Partidului Comunist al Uniunii Sovietice.

Omenirea progresistă din toate țările privește victoriile oamenilor muncii din Uniunea Sovietică ca pe cel mai de seamă factor pe calea întăririi bunelor relații între popoare, ca pe cele mai hotărîte răspunsuri de pace.

Sub conducerea gloriosului partid al lui Lenin și Stalin, popoarele sovietice obțin strălucite succese pe frontul construirii comunismului.

Invățătura stalinistă a arătat că în perioada de după cel de al doilea război se deosebesc două linii de desvoltare în situația economică internațională.

Una este aceea pe care merg cu succes Uniunea Sovietică și țările de democrație populară. Este linia creșterii neîncetate a economiei de pace în interesul satisfacerii maximale a nevoilor materiale și culturale mereu crescânde ale întregei societăți. A doua linie este linia economiei capitaliste, a exploatării sângeroase a celor ce muncesc, a militarizării economiei, a jefuirii sistematice a popoarelor din alte țări, în scopul asigurării unui cât mai mare profit pentru capitaliști.

In Țara constructorilor comunismului volumul producției industriale a crescut de 2,3 ori în 1952 față de 1940.

Uriașele lucrări de pe șantierul comunismului pun probleme noi pentru înaintata industrie electrotehnică sovietică.

Sistemul socialist oferă oamenilor de știință un câmp vast de cercetări; inginerii și tehnicienii sovietici au asemenea probleme de rezolvat, până la sfârșitul cincinalului în curs, cum sunt cele pe care le pune construirea centralelor hidroelectrice dela Mingheceaur, dela Ust-Camenogorsc, dela Gorchi și altele cu o putere totală de 1.916.000 kW, precum și gigantica hidrocentrală dela Cuibâșev — cea mai mare din lume — cu o putere de 2.100.000 kW.

Caracteristic pentru uriașul avânt al desvoltării economiei sovietice este creșterea vertiginoasă a nivelului material și cultural al oamenilor muncii. In acest cincinal, pentru ridicarea condițiilor de trai ale oamenilor sovietici la un nivel și mai înalt, se construesc case de locuit pe o suprafață de 105 milioane m², salariul real al muncitorilor și funcționarilor va crește cu cel puțin 35%, iar venitul colhoznicilor cu peste 40%.

Minunate sunt condițiile de învățătură create de Partidul Comunist al Uniunii Sovietice și de Guvernul Sovietic pentru oamenii sovietici. Un exemplu care ilustrează acest fapt, este cazul uzinei „Uralmașzavod", unde 412 muncitori urmează școli superioare fără frecvență pentru a deveni ingineri, peste 2000 învață în școlile tineretului muncitor, 427 muncitori în școli medii tehnice, etc.

Recenta reducere de prețuri, a 6-a de după război, arată că scopul producției socialiste este omul cu nevoile sale, exprimând astfel concret învățătura stalinistă despre legea economică fundamentală a socialismului.

Cu totul altfel se prezintă situația oamenilor muncii din țările capitaliste, unde scopul producției este obținerea profitului maximal pentru capitaliști. Din anul 1949 și până în anul 1952, costul vieții a crescut cu 45% în Franța, cu 35% în Norvegia, cu 27% în Grecia, cu 22% în Anglia, etc. Șomajul bântue pretutindeni în lumea capitalistă. In S.U.A. sunt peste 13.000 000 șomeri totali și parțiali, în Germania occidentală 5.000 000, în Indonezia 15.000 000, etc. Vândută trusturilor americane și engleze de către Tito-Rancovici, Jugoslavia a ajuns într'o situație de nedescris: bogățiile naturale jefuite, poporul muncitor crunt exploatat, foamete și mizerie dela un capăt la altul al țării.

Impotriva acestei exploatări sângeroase, oamenii muncii se ridică la luptă hotărîtă. Numai în Statele Unite în cursul anului 1952 au avut loc aproape 5000 de greve, iar numărul grevișstilor a fost de peste 3.500 000.

Țările dependente și coloniile gem sub povara jafului necruțător al monopolurilor capitaliste.

In contrast cu situația din țările capitaliste apare luminoasă viața oamenilor muncii din țările de democrație populară, în care construcția socialismului crește dela o zi la alta, cu sprijinul frățesc, dezinteresat al Uniunii Sovietice. Victoriile strălucite obținute în aceste țări oglindesc marea forță vitală, creatoare, a regimului democrat-popular.

Sub conducerea Partidului, a Comitetului său Central, în frunte cu tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej, oamenii muncii din țara noastră, într'un elan nestăvilit, dobândesc succese însemnate în lupta pentru pace, pentru socialism. Volumul producției industriale e de 3 ori mai

mare decât în anul 1948, iar la sfârșitul cincinalului va fi de 5 ori mai mare.

Pe drumul electrificării, succesele obținute sunt deosebit de însemnate. Au intrat în funcțiune, în anul trecut, centralele termoelectrice „Gh. Gheorghiu-Dej" și Ovidiu II, iar în anul acesta centrala hidroelectrică dela Moroeni.

Cu ajutorul Uniunii Sovietice, a fost creată în anii trecuți industria electrotehnică, care astăzi produce echipament electric pentru industria petroliferă și pentru liniile de ciment; pentru industria extractivă carboniferă se fabrică numeroase tipuri de motoare antigrizutoase. Deasemenea se produce în țară echipament electric pentru poduri rulante, alternatori și grupuri electrogene de 3—200 kW, motoare până la 1000 kW, pentru suflantele cuptoarelor siderurgice, se fabrică electromotoare până la 1000 kW, se produce echipament electric pentru tractoare și troleybuse, transformatori, convertizoare de frecvență, aparataj de joasă și înaltă tensiune, aparate electrocasnice, cablu subteran de forță, separatori pentru liniile de înaltă tensiune. Pentru marile șantiere și pentru nevoile industriei extractive se fabrică locomotive electrice de mină și electrocare.

Industria noastră electrotehnică s'a desvoltat în așa măsură, încât nu numai că satisface mare parte din cerințele întregii industrii și ale construcțiilor electrificării, dar a ajuns să producă pentru export o serie de produse electrotehnice.

Desvoltarea industriei noastre în cursul trimestrului I al anului 1953 a cunoscut un avânt și mai mare. Planul producției globale industriale a fost îndeplinit pe ansamblul industriei în proporție de 101,1%, iar față de aceiași perioadă a anului 1952, producția globală a crescut cu 23,1% iar productivitatea muncii cu 10,3%.

In domeniul electrotehnic s'a făcut încă un pas înainte în cursul trimestrului I al anului acesta. Au fost depășite sarcinile de plan la motoare electrice, generatori și transformatori electrici. Calitatea produselor electrotehnice a continuat să se îmbunătățească, în special la motoare electrice antigrizutoase. Față de trimestrul I al anului 1952, în trimestrul I al anului 1953 producția de motoare electrice de peste 0,6 kW a înregistrat 110%, cea de transformatori 114%, iar producția de generatori electrici a crescut de 3,72 ori. In cursul trimestrului I s'au introdus în fabricație noi produse, care au îmbogățit și mai mult nomenclatorul industriei electrotehnice.

O contribuție însemnată la obținerea acestor succese au adus-o oamenii de știință, inginerii și tehnicienii noștri din domeniul electrotehnic.

Deasemenea, creșterea cadrelor noastre electrotehnice constitue un succes important al muncii neobosite duse în învățământ de către oamenii de știință, inginerii și tehnicienii din țara noastră.

Creșterea producției industriale duce în țara noastră la ridicarea necontenită a nivelului de trai al celor ce muncesc. Satisfacerea nevoilor materiale și culturale în necontenită creștere ale oamenilor muncii constitue scopul producției noastre socialiste. In anul 1952, cheltuelile bugetare pentru nevoile social-culturale ale poporului muncitor s'au ridicat la peste $4^1/_2$ miliarde lei. Numărul tinerilor ce învață diferite școli și instituții de învățământ a ajuns la 2.400 000. Sute de mii de oameni ai muncii sunt trimiși la odihnă în stațiunile balneo-climaterice. Crește necontenit bunăstarea materială și culturală a celor ce muncesc.

In Republica noastră populară s'au deschis noi orizonturi oamenilor de știință și tehnică; li s'au creat largi posibilități de a-și pune în practică, spre folosul poporului muncitor, cunoștințele și capacitatea de creație. Astfel se explică numărul mare nemaicunoscut, al inovațiilor și invențiilor concepute și aplicate de oamenii noștri de știință, de ingineri și tehnicieni, astfel se explică faptul că astăzi producem mașini și produse care în trecut erau importate din țările capitaliste.

La baza tuturor succeselor noastre stă ajutorul masiv al Uniunii Sovietice. Fără ajutorul frățesc, multilateral sovietic noi n'am fi putut face progrese atât de rapide pe drumul construirii socialismului și al electrificării țării. Acestui neprecupețit ajutor îi datorește și industria electrotehnică întmeeierea și desvoltarea ei vertiginoasă.

In afară de materiile prime de bază, care ne asigură producția, primim din partea Uniunii Sovietice proecte și ajutor pentru construirea și punerea în funcțiune a noilor noastre fabrici, documentații tehnice complecte pentru numeroasele produse noi pe care le introducem în fabricație, documentații cu ajutorul cărora ridicăm necontenit calitatea produselor electrotehnice, aplicând tehnica sovietică, cea mai înaintată tehnică din lume. Cu ajutorul Uniunii Sovietice, creștem cadre cu o ridicată calificare științifică și tehnică.

Deaceea ziua de 1 Mai este o sărbătoare a dragostei pentru Marea Uniune Sovietică, un prilej de manifestare a recunoștinței noastre pentru sprijinul pe care îl primim din partea U.R.S.S. în construirea socialismului, în înfăptuirea planului de electrificare a țării.

1 Mai, este ziua sărbătoririi veșnicei prietenii româno-sovietice, ziua frăției cu toate popoarele din lume pentru întărirea și apărarea păcii.

MAŞINI ELECTRICE CU ÎNTREFIER NEUNIFORM

Ing. V. BUNEA
Laureat al Premiului de Stat

Se indică o nouă metodă pentru determinarea caracteristicii de mers în gol la maşinile de curent continuu cu întrefier neuniform simetric şi nesimetric. Metoda ţine seama de deformaţiile câmpului din cauza saturaţiei dinţilor. După ce sunt arătate sistemele de calcul existente pentru maşini sincrone cu întrefier neuniform se trece la descrierea metodei originale proprii zisă la maşini de curent continuu. Metoda este valabilă şi la maşinile sincrone.

Intrefierul maşinilor electrice aşa cum se fabrică azi este, cu foarte rare excepţii, un întrefier neuniform. Prezenţa crestăturilor formează un prim element, care evident deranjează uniformitatea întrefierului. Deasemenea canalele de ventilaţie radiale sunt elemente care fac ca valoarea întrefierului pe direcţia axului maşinii să varieze. Dacă rotorul maşinii electrice are pe partea activă bandaje, şanţurile corespunzătoare vor contribui şi ele ca să deranjeze uniformitatea întrefierului.

Toate elementele enumerate până acum şi încă eventual altele nedenumite, sunt elemente care intervin la maşinile electrice în mod forţat. Fără acestea, maşina respectivă nu s'ar putea în general fabrica, sau dacă totuşi s'ar reuşi să se execute o maşină, cu înlăturarea elementelor de mai sus, aceasta ar fi, sau de o calitate dubioasă, sau foarte neeconomică. Este cunoscut felul cum se ţine cont în calculul maşinii electrice de elementele perturbatoare amintite. Prezenţa crestăturilor se traduce în calcul prin înlocuirea maşinii respective, având întrefierul geometric „δ", cu o altă maşină fictivă identică cu prima, însă fără crestături şi având un întrefier fictiv δ' zis de calcul, astfel încât :

$$\delta' = K_\delta \, \delta \qquad (1)$$

Prezenţa canalelor radiale de ventilaţie şi eventual prezenţa adânciturilor pentru bandaje, se traduce în calcule, cu înlocuirea lungimei geometrice l_1 a maşinii printr'o lungime l_δ zisă de calcul. Pentru calcularea coeficientului K_δ precum şi lungimii l_δ sunt cunoscute diferite formule şi abace intrate în uz şi verificate de rezultate experimentale.

La maşinile sincrone cu poli aparenţi precum şi la maşinile de curent continuu, unde în general numai indusul este prevăzut cu crestături, coeficientul K_δ, numit factor de crestătură, se calculează suficient de exact, cu una din formulele (Bibliografie 1, pag. 70) :

$$K_\delta = \frac{t_1}{t_1 - \dfrac{b_c^2}{5\delta + b_c}\,\delta} \qquad (2')$$

sau

$$K_\delta = \frac{t_1 + 10\delta}{b_{z1} + 10\delta} \qquad (2)$$

în care semnificaţia literelor rezultă din fig. 1.

Calcularea lungimii de calcul l_δ din elementele geometrice ale maşinii, se face de foarte multe ori ţinând cont de repartiţia câmpului în întrefier, în special în apropierea elementelor perturbatoare, canalele de ventilaţie, şanţuri pentru bandaje, capetele indusului. Evident că această repartiţie a câmpului este influenţată de mărimea relativă a întrefierului [1]. Cu cât întrefierul este mai mare în raport cu ele-

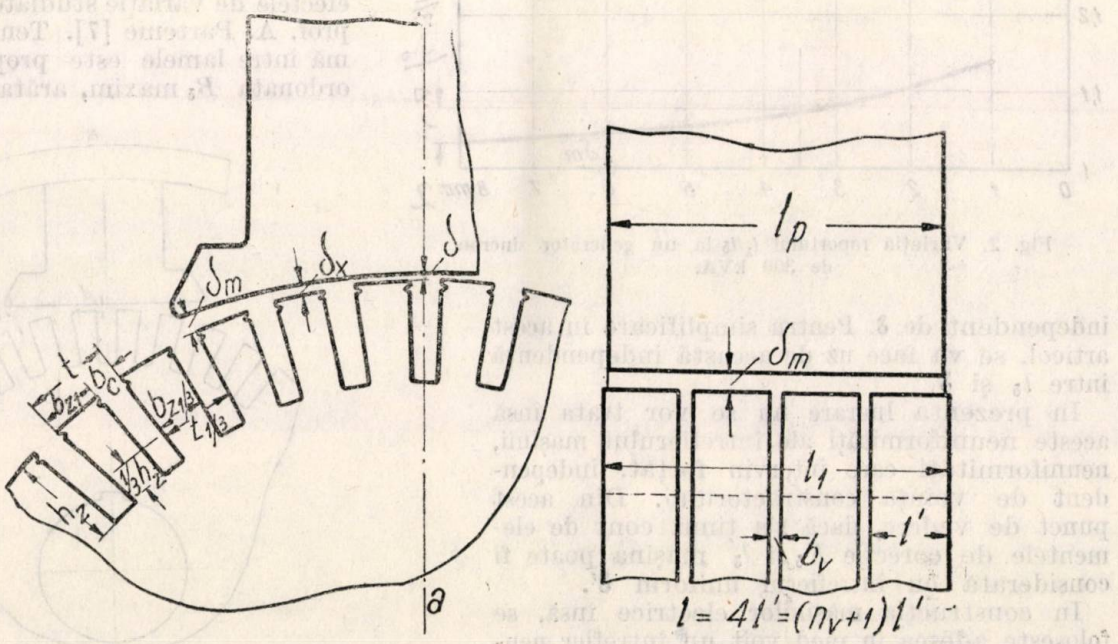


Fig. 1. Indusul unei maşini de curent continuu.

mentele perturbatoare, cu atât repartiția câmpului este mai uniformă, influența elementelor perturbatoare mai mică. Face excepție dela această regulă influența capetelor indusului, unde însă și efectele de amortizare ale tablelor de capete și ale jugurilor de presare sunt mai mari.

Diagrama din fig. 2 reprezintă variația raportului l_1/l_δ la un generator sincron de 300 kVA, tensiune joasă, în funcție de mărimea geometrică δ a întrefierului. Generatorul are 5 canale de ventilație de 12 mm lățime, iar lungimea geometrică este de 400 mm. Lungimea de calcul l_δ s'a determinat pe baza trasării spectrului câmpului, în apropierea canalelor de ventilație, iar mărimea δ al întrefierului minim a fost aleasă 3,5 mm. Dela această valoare în sus, se vede că l_δ variază foarte puțin cu mărirea întrefierului. Cei mai mulți autori recomandă deci ca pentru valoarea l_δ să se adopte formula (Bibliografie 6, pag. 116):

$$l_\delta = \frac{l + l_p}{2} \qquad (3)$$

Semnificația literelor rezultă din fig. (1), iar l_p nu trebue să fie prea diferit de l_1. In aceste condiții se vede că l_δ se poate considera

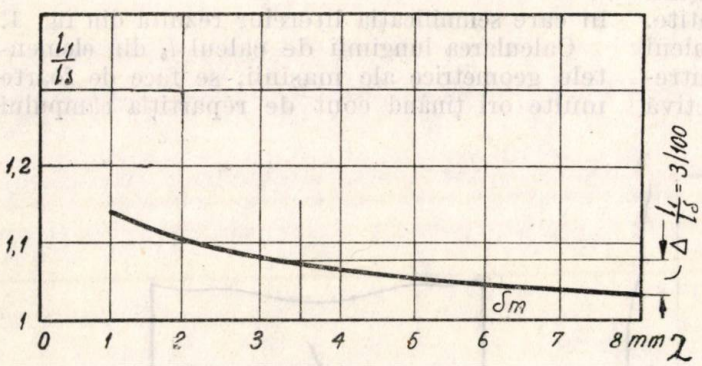


Fig. 2. Variația raportului l_1/l_δ la un generator sincron de 300 kVA.

independent de δ. Pentru simplificare în acest articol, se va face uz de această independență între l_δ și δ.

In prezenta lucrare nu se vor trata însă aceste neuniformități ale întrefierului mașinii, neuniformități care intervin forțat, independent de voința constructorului. Din acest punct de vedere, dacă s'a ținut cont de elementele de corecție K_δ și l_δ mașina poate fi considerată cu întrefierul uniform δ'.

In construcția mașinilor electrice însă, se folosește adesea în mod voit un întrefier neuniform, cu scopul de a ameliora caracteristicile de funcționare, sau de a atenua apariția unor fenomene neplăcute. Astfel, generatoarele sincrone cu poli aparenți se fac de foarte multe ori cu întrefier neuniform (fig. 3).

La mijloc în axa de simetrie $a - a$ a polului, întrefierul este minim. Către margini, el se mărește progresiv. Dacă generatorul sincron este cu poli exteriori aparenți, talpa acestora se face de multe ori dreaptă, în care caz generatorul capătă un întrefier neuniform (fig. 4).

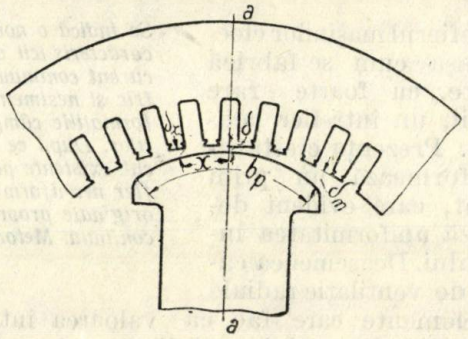


Fig. 3. Generator sincron cu poli aparenți și întrefier neuniform.

Prin adaptarea unui întrefier de felul celui din fig. 3 și 4, curba de tensiune a generatorului mergând în gol, se poate apropia mai mult de o sinusoidă (STAS 1893/50).

La mașinile de curent continuu se întâlnește adesea din motive economice poli de forma celor din fig. 4. De foarte multe ori însă se folosește un întrefier neuniform în scopul de a micșora pericolul de cerc de foc la colector, ameliorându-se în același timp și comutația. Fig. 5 *a*, *b*, *c*, arată efectul reacțiunii indusului în cazul unei mașini având întrefierul uniform. In trasarea câmpului fig. 5 s'a ținut cont de efectele de variație studiate în lucrările prof. A. Partenie [7]. Tensiunea maximă între lamele este proporțională cu ordonata B_δ maxim, arătată în fig. 5 *c*.

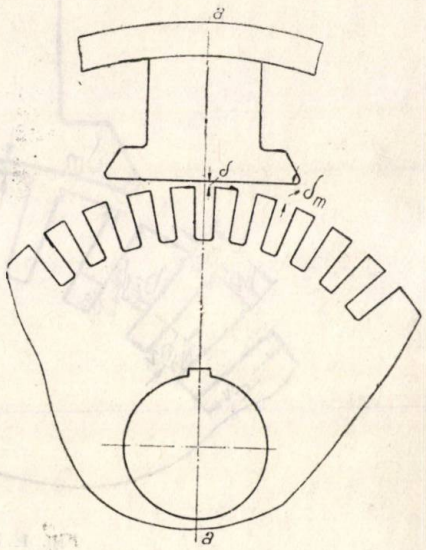


Fig. 4. Inductor exterior al unui generator sincron.

Efectul reacțiunii indusului la o mașină identică având același indus, însă cu intrefier neuniform ca în fig. 6 se poate urmări în fig. 6 *a*, *b*, *c*.

Se vede că E_δ max s'a micşorat (fig. 6) şi deci odată cu aceasta şi tensiunea între lamele,

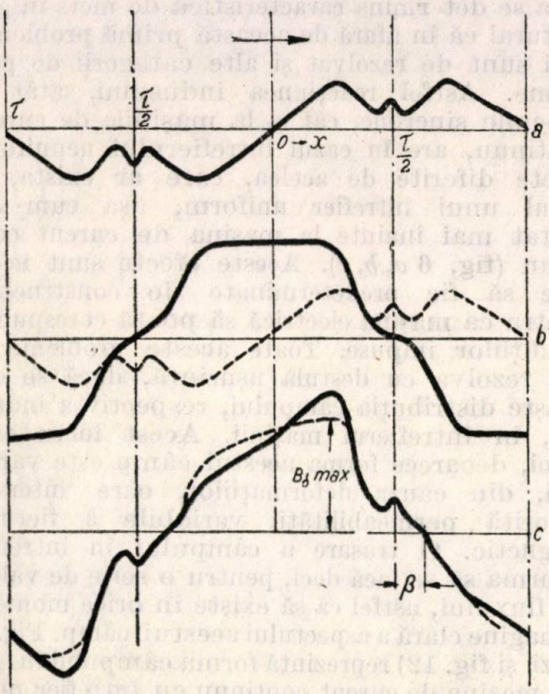


Fig. 5 *a, b, c.* Reacţiunea indusului la o maşină de curent continuu cu întrefier neuniform.
a — câmpul indusului; *b* — câmpul indusului desenat punctat suprapus peste câmpul inductor desenat plin; *c* — câmpul rezultant dedus din suprapunerea (*b*) de senat plin şi câmpul real ţinând cont de efectele de saturaţie desenat cu linie întreruptă.
Sens de rotaţie pentru generator dela stânga la dreapta.

precum şi pericolul de foc la colector. Dea-

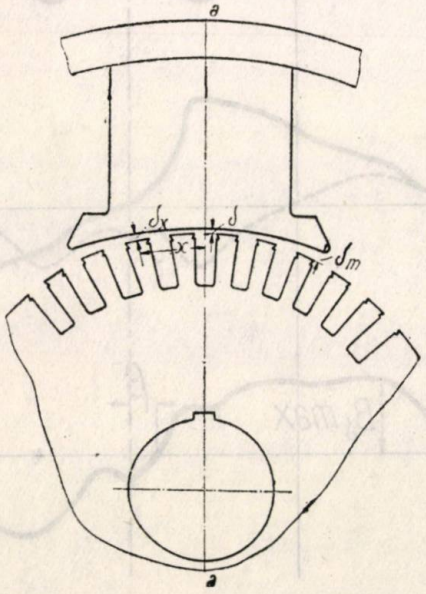


Fig. 6. Maşina de curent continuu cu întrefier neuniform simetric.

semenea s'au îmbunătăţit şi alte caracteristici ale maşinii. Astfel reacţiunea indusului nu mai necesită un plus de amperspire atât de mare ca în cazul întrefierului uniform. Pierderile în fier, în particular în dinţii indusului, se micşorează. Maşinile cu întrefier neuniform supuse la variaţii mari şi bruşte de sarcină, cum sunt maşinile de tracţiune, se comportă mai bine, decât maşinile cu întrefier uniform. Comutaţia lor, în perioadele tranzitorii de variaţie ale sarcinei, este ameliorată. Dacă maşina de c. c. se roteşte în ambele sensuri este evident că întrefierul trebue să fie simetric faţă de axa *a* — *a* (fig. 6) a polului. In cazurile când maşina se roteşte numai într'un sens, simetria din fig. 6 nu mai este necesară. Se obţin rezultate mult mai bune făcând uz de sistemul folosit de constructorii sovietici cu un întrefier nesimetric ca în fig. 7. Câmpul în sarcină rezultat este arătat în fig. 8 *a, b, c,* şi este şi mai mult ameliorat ca cel din fig. 6 *c.*

Variaţia întrefierului, la maşinile cu întrefier neuniform se face după rezultatele care se doresc să se obţină. Pentru maşinile sincrone, unde problema care se pune este de a se obţine o tensiune în gol sinusoidală, se dau azi unele formule destul de complicate asupra mărimii întrefierului în funcţie de distanţa *x* la mijlocul polului (fig. 3). Aceste formule însă, sunt deduse în ipoteza unei permeabilităţi constante în dinţi şi infinită în jugul indusului.

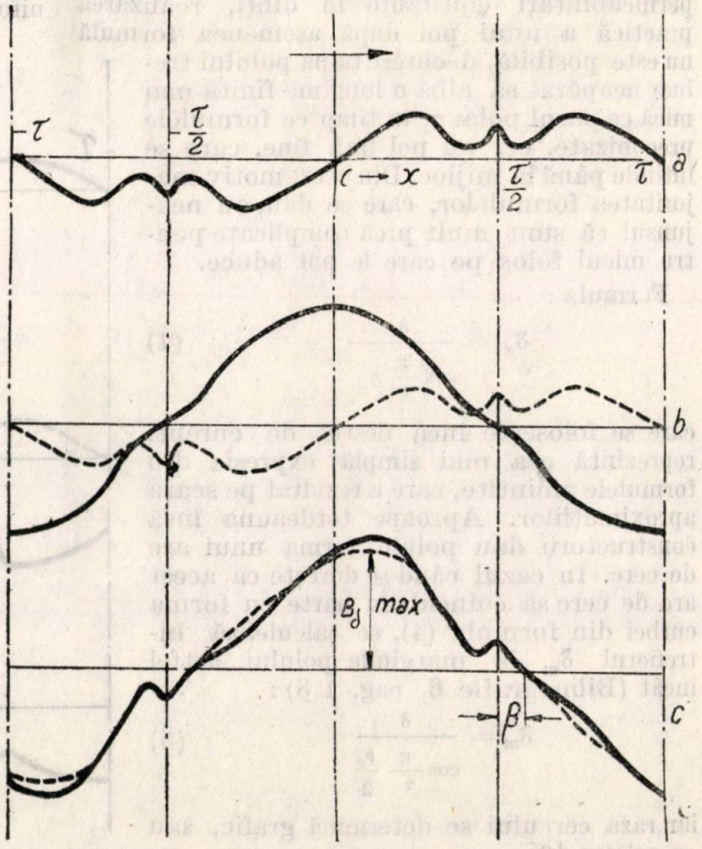


Fig. 6 *a, b, c.* Reacţiunea indusului la o maşină de curent continuu cu întrefier neuniform ca în fig. 6.
a — câmpul indusului; *b* — câmpul indusului desenat punctat suprapus peste câmpul inductor desenat plin; *c* — câmpul rezultant desenat plin, dedus din suprapunerea (*b*) şi câmpul real ţinând cont de efectele de saturaţie desenat punctat.
Sens de rotaţie pentru generator dela stânga la dreapta.

Asemenea ipoteză nu este justă şi nici măcar suficient de aproximativă pentru maşinile, aşa cum se fac azi, unde inducţia în dinţi creşte peste 17 000 gauşi. Chiar şi în ipoteza unei

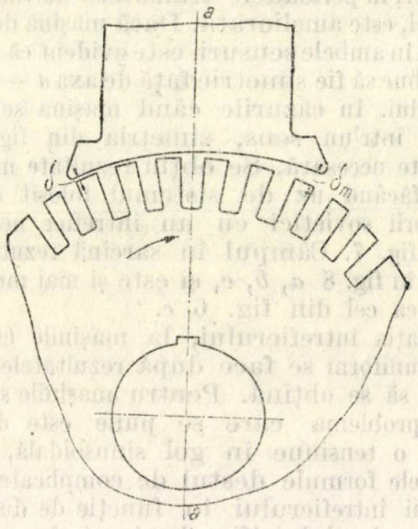


Fig. 7. Polul unui generator de c.c. cu întrefier neuniform nesimetric.

permeabilităţi constante în dinţi, realizarea practică a unui pol după asemenea formulă nu este posibilă, deoarece talpa polului trebue neapărat să aibă o lungime finită mai mică ca pasul polar τ, în timp ce formulele preconizate, cer un pol fără fine, care se întinde până la mijloc. Din acest motiv majoritatea formulelor, care se dau, au neajunsul că sunt mult prea complicate pentru micul folos pe care le pot aduce.

Formula:

$$\delta_x = \frac{\delta}{\cos \frac{\pi}{\tau} x}, \qquad (4)$$

care se foloseşte încă destul de curent, reprezintă cea mai simplă expresie din formulele amintite, care a rezultat pe scara aproximaţiilor. Aproape totdeauna însă constructorii dau polului forma unui arc de cerc. In cazul când se doreşte ca acest arc de cerc să coincidă în parte cu forma curbei din formula (4), se calculează întrefierul δ_m la marginile polului, astfel încât (Bibliografie 6 pag. 178):

$$\delta_m = \frac{\delta}{\cos \frac{\pi}{\tau} \frac{b_p}{2}}, \qquad (5)$$

iar raza cercului se determină grafic, sau cu relaţia [6]:

$$R_p = \frac{D}{2 + \frac{8D\ (\delta_m - \delta)}{b_p^2}}$$

în care $\delta_m \equiv (1{,}25 \ldots 1{,}75)\ \delta$.

Una din problemele, care se pune la o maşină electrică cu întrefier neuniform, fie că aceasta este o maşină sincronă (deobicei generator), fie că este o maşină de curent continuu, este de a se determina caracteristica de mers în gol. Natural că în afară de această primă problemă, mai sunt de rezolvat şi alte categorii de probleme. Astfel reacţiunea indusului, atât la maşinile sincrone, cât şi la maşinile de curent continuu, are în cazul întrefierului neuniform efecte diferite de acelea, care ar exista, în cazul unui întrefier uniform, aşa cum s'a arătat mai înainte la maşina de curent continuu (fig, 6 *a*, *b*, *c*). Aceste efecte sunt necesare să fie predeterminate de constructor, pentru ca maşina electrică să poată corespunde condiţiilor impuse. Toate aceste probleme se pot rezolva cu destulă uşurinţă, dacă se cunoaşte distribuţia câmpului, respectiv a inducţiei, în întrefierul maşinii. Acest lucru este greoi, deoarece forma acestui câmp este variabilă, din cauza deformaţiilor, care intervin datorită permeabilităţii variabile a fierului magnetic. O trasare a câmpului în întrefier ar urma să se facă deci, pentru o serie de valori ale fluxului, astfel ca să existe în orice moment o imagine clară a aspectului acestui câmp. Fig. 9 (vezi şi fig. 12) reprezintă forma câmpului în gol la o maşina de curent continuu cu întrefier neuniform simetric, atunci când valoarea maximă

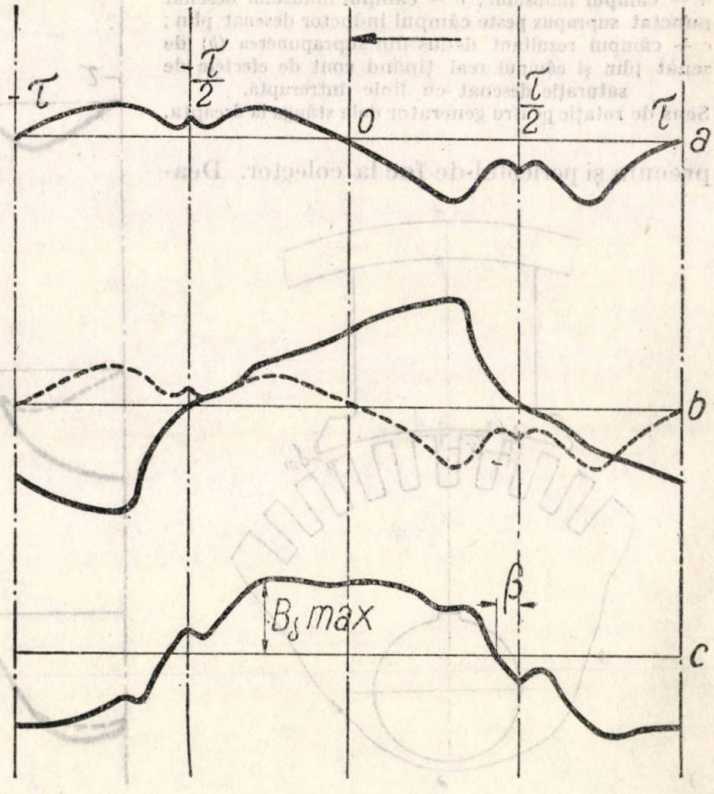


Fig. 8 *a*, *b*, *c*: Reacţiunea indusului la o maşină de curent continuu cu întrefier neuniform nesimetric ca în fig. 7
a — câmpul indusului; *b* — câmpul indusului desenat punctat suprapus peste câmpul inductor desenat plin; *c* — câmpul rezultant dedus din suprapunere (*b*).
Sens de rotaţie pentru generator dela dreapta la stânga.

a inducţiei la mijlocul polului nu întrece 5700 gauşi, iar fig. 17 reprezintă forma câmpului

la aceeași mașină, când inducția la mijlocul polului este de 10 000 gausi. Datele geometrice ale mașinii rezultă din fig. 10. Este evident că situația reprezentată în fig. 17 este cu totul diferită de cea din fig. 9. Din aceste motive diferiți autori, caută să înlocuiască sistemul trasării câmpului în întrefier cu alte metode de calcul mai rapide.

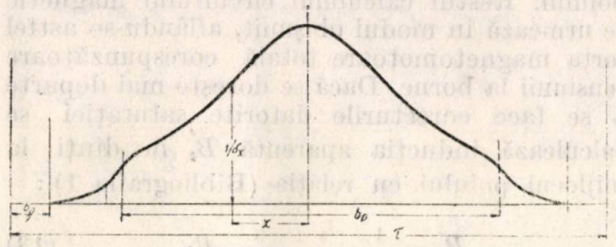


Fig. 9. Variația inducției sub pol în gol, la o slabă saturație a dinților, la mașina de curent continuu din fig. 10.

Dintre mașinile cu întrefier neuniform, cele mai des întâlnite sunt mașinile sincrone cu poli aparenți. In literatura tehnică se găsesc metode de calcul pentru mașini sincrone cu întrefier neuniform simetric nr. 3). Se găsesc însă foarte puține studii asupra mașinilor de curent continuu cu întrefier neuniform (fig. 6) și aproape nimic asupra mașinilor de curent continuu cu întrefier neuniform ca în fig. 7.

Metoda de calcul pentru determinarea caracteristicii de mers în gol pentru mașinile sincrone cu întrefier neuniform (fig. 3) are la bază ideea de a înlocui câmpul neuniform (fig. 9, 16, 17 și 18) cu un câmp dreptunghiular echivalent, având aceeași suprafață. Acest dreptunghiu are înălțimea egală cu inducția maximă B_δ, care evident că se găsește la mijlocul polului, iar lățimea polului devine prima necunoscută a problemei, se denumește lățimea de calcul și se notează b_δ. In felul acesta rezolvarea problemei se reduce la determinarea unei prime necunoscute, care este lățimea de calcul a polului b_δ. Dacă se cunoaște Φ fluxul total al mașinii care isvorăște dintr'un pol se obține:

$$B_\delta = \frac{\Phi}{b_\delta\, l_\delta} = \frac{\Phi}{\alpha_\delta\, \tau\, l_\delta} \qquad (6)$$

unde

$$\alpha_\delta\, \tau = b_\delta. \qquad (7)$$

Cunoscând valoarea inducției B_δ la mijlocul polului, determinarea forței magnetomotoare a mașinii și deci a excitației nu mai prezintă nici o greutate. Calculul este arătat în tratatele: „Proiectarea mașinilor electrice" [5] și [6]. Dar așa cum s'a arătat, forma câmpului în întrefier variază cu saturația în dinții și jugul indusului, așa încât unii autori corectează valorile lui α_δ în raport cu aceste elemente.

Fluxul Φ total este însă și el necunoscut și trebue să fie un rezultat al temei constructorului, care dorește ca bobinajul indusului mașinii, pe care vrea să o proiecteze să aibă o anumită forță electromotoare eficace E. Legea generală a inducției a lui Lenz $-e = d\varphi/dt$, dă numai o relație între fluxul total și forța electromotoare medie E_{med} după:

$$E_{med} = 4\, f\, \varphi$$

în care

f este frecvența.

Relația arată că pentru determinarea forței electromotoare medie E_{med} nu este necesar să se cunoască felul de variație intermediară a fluxului φ. Insă prin tema constructorului se fixează o forță electromotoare eficace E și nu una medie. Din acest motiv se cere să se cunoască și felul de variație a fluxului φ în timpul perioadei T. Cu alte cuvinte nu este suficientă numai cunoașterea suprafeței formată de câmpul în întrefier cu axa absciselor, ci și forma acestui câmp. Se știe că aceasta se traduce prin introducerea în formule a unui coeficient, zis de formă k_E a cărui expresie este:

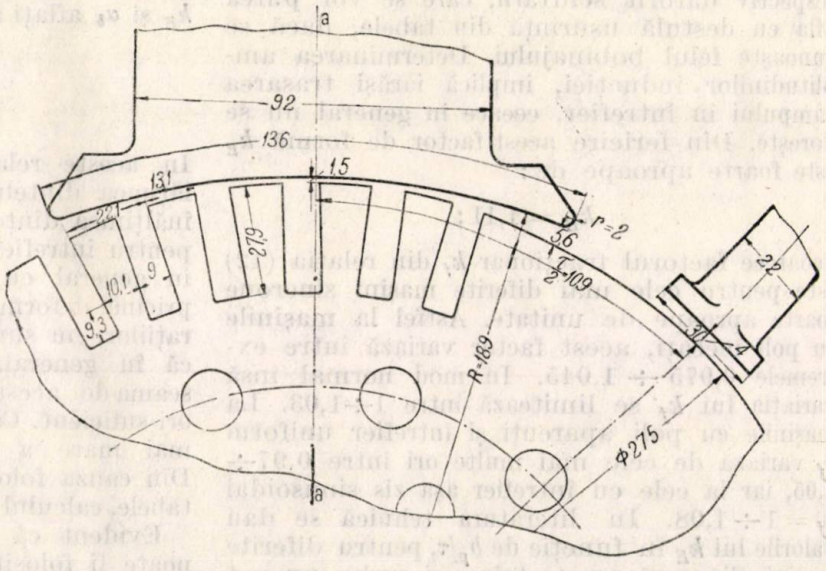


Fig. 10. Exemplu de mașină de curent continuu cu întrefier neuniform.

$$k_E = \frac{1}{4\,\Phi} \sqrt{2\pi \int_0^{2\pi} \left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 dx} \qquad (9)$$

Ținând cont de acest coeficient de formă, expresia forței electromotoare eficace devine:

$$E = 4\, k_E\, f \Phi \qquad (10)$$

și dacă se ține cont de felul bobinajului:

$$E = 4\, k_E\, k_{b1}\, f\, W \Phi \qquad (11)$$

unde k_{b1} este coeficientul de bobinaj corespunzător fundamentalei, W numărul de spire pe

fază și Φ fluxul, care străbate o spiră și care este chiar suprafața închisă de inducția $F_{\delta x}$ și axa absciselor. Dacă se trasează grafic câmpul în întrefier și se descompune în armonice, factorul de formă capătă expresia (Bibliografia 1, pag. 280):

$$k_E = 1{,}11 \frac{\sqrt{1 + \frac{B_3\, k_{b3}}{B_1\, k_{b1}} + \frac{B_5\, k_{b5}}{B_1\, k_{b1}} + \ldots + \frac{B_\nu\, k_{b\nu}}{B_1\, k_{b1}}}}{1 + \frac{B_3}{3B_1} + \frac{B_5}{5B_1} + \ldots\ldots \frac{B_\nu}{\nu B_1}} =$$

$$= 1{,}11\, k_f \qquad (12)$$

B_1; B_3; $B_5 \ldots B_\nu$ sunt amplitudinile inducției armonicelor 1, 3, 5, ν, iar :

$$k_b = k_{r1}\, k_{y1}$$
$$k_{b3} = k_{r3}\, k_{y3}$$
$$\vdots$$
$$k_{b\nu} = k_{r\nu}\, k_{y\nu}$$

sunt factorii de bobinaj pentru armonicele 1,3,... ν și anume $k_{r\nu}$, factorul respectiv datorit repartiției bobinajului și $k_{y\nu}$ factorul respectiv datorit scurtării, care se vor putea afla cu destulă ușurință din tabele, dacă se cunoaște felul bobinajului. Determinarea amplitudinilor inducției, implică iarăși trasarea câmpului în întrefier, ceeace în general nu se dorește. Din fericire acest factor de formă k_E este foarte aproape de :

$$k_E = 1{,}11 ;$$

deoarece factorul fracționar k_f din relația (12) este pentru cele mai diferite mașini sincrone foarte aproape de unitate. Astfel la mașinile cu poli înecați, acest factor variază între extremele $0{,}975 \div 1{,}045$. In mod normal însă variația lui k_f se limitează între $1 \div 1{,}03$. La mașinile cu poli aparenți și întrefier uniform k_f variază de cele mai multe ori între $0{,}97 \div 1{,}05$, iar la cele cu întrefier așa zis sinusoidal $k_f = 1 \div 1{,}08$. In literatura tehnică se dau valorile lui k_E în funcție de b_p/τ, pentru diferite mașini. Sigur că aceste tabele și curbe, nu pot fi exacte, deoarece așa cum s'a arătat mai înainte forma câmpului variază cu inducția în dinți și jug. De multe ori se dau factori de corecție ai coeficientului de formă și în raport cu aceste variabile. Practica sovietică recomandă pentru k_E tabela 1 :

Tabela 1

δ_m/δ \ b_p/τ	0,7	0,72
1,5	1,16	1,15
2	1,166	1,155

In baza acestor elemente trasarea caracteristicii de mers în gol pentru mașini sincrone cu întrefier sinusoidal se poate urma în felul următor :

După alegerea bobinajului se găsește în diferite abace sau tabele k_E și din relația 11 se determină Φ pentru diferite valori ale tensiunii la borne. Tot cu ajutorul diferitelor abace se determină α_δ și astfel se poate înfine determina inducția maximă B_δ la mijlocul polului. Restul calculului circuitului magnetic se urmează în modul obișnuit, aflându-se astfel forța magnetomotoare totală corespunzătoare tensiunii la borne. Dacă se dorește mai departe a se face corecturile datorite saturației se calculează inducția aparentă B'_δ în dinți la mijlocul polului cu relația (Bibliografia 1) :

$$B'_z = \frac{1}{k_c} \frac{l_\delta}{l} \frac{t_1}{b_{z1/3}} B_\delta \qquad (13)$$

precum și forța magnetomotoare corespunzătoare :

$$F_z = h_z H_z \qquad (14)$$

și se corectează, după anumite abace, factorii k_E și α_δ aflați anterior, în funcție de raportul :

$$\frac{F_z}{F_\delta}$$

In aceste relații t_1, este pasul dentar; $b_{z1/3}$ lățimea dintelui la $^1/_3$ dela bază (fig. 3), h_z înălțimea dintelui, F_δ forța magnetomotoare pentru întrefier. Mașinile sincrone sunt mașini în general cu întrefierul mare. Din această pricină deformațiile câmpului din cauza saturațiilor, nu sunt chiar atât de accentuate, așa că în general, chiar calculul, care nu ține seama de aceste deformațiuni este de multe ori suficient. Când se merge însă cu o saturație mai mare a fierului, corecturile se impun. Din cauza folosirii a o sumedenie de abace și tabele, calculul corectat este destul de obositor.

Evident că un astfel de sistem de calcul poate fi folosit și la mașinile de curent continuu cu întrefier neuniform. Acest fel de mașini însă, au un întrefier mai mic, iar inducțiile în dinți sunt mult mai mari. Din această pricină, un calcul care să nu țină socoteală de saturația fierului nu mai este de admis. In plus mai trebue să se țină cont și de faptul că în literatură, nu se găsesc studii asupra acestor probleme și nici abace de corectură, așa cum se poate găsi eventual la mașinile sincrone și unde corecturile respective nu sunt nici măcar atât de indispensabile.

Se propune aci să se dea o metodă de calcul a caracteristicii de mers în gol pentru mașinile de curent continuu cu întrefier neuniform. Metoda este diferită de cea amintită pentru mașini sincrone, putând însă fi extinsă cu ușurință și la aceste categorii de mașini. Ideea care stă la baza acestei metode este aflarea raportului între inducția la mijlocul polului B_δ și inducția medie B_δ med considerând că

tot fluxul se repartizează exclusiv pe lățimea tălpii polului b_p. In acest caz totdeauna se va avea :

$$B_\delta \text{ med} = \frac{\Phi}{b_p \, l_\delta} \qquad (15)$$

Calculul mașinii de curent continuu se face întotdeauna cu periile pe axa neutră. Bobinele au totdeauna pas diametral, sau aproape diametral. In aceste condiții fluxul Φ se calculează în baza relației :

$$E = 4 \, W \frac{pn}{60} \Phi \, 10^{-8} \qquad (16)$$

unde W este numărul de spire pe cale de curent ;

$2p$ — numărul de poli ;
n — turația pe minut.

Relațiile (16) și (15) permit aflarea inducției medii B_δ med. Pentru determinarea excitației, este nevoie însă de cunoașterea inducției într'un punct precis, care se ia deobicei cel dela mijlocul polului. Găsirea relației dintre B_δ med și B_δ dela mijlocul polului, se va putea afla, dacă se examinează distribuția câmpului, respectiv a inducției la periferia indusului. Distribuția variază însă cu saturația în dinți și jug. Cu cât aceste saturații cresc, câmpul în întrefier se uniformizează (fig. 18). O saturație mare în jug impune la o mașină normală cu o folosire economică a materialului, o saturație mare și în dinți. Efectul saturației mari în jug, asupra distribuției câmpului în întrefier este foarte mic și în prezentul articol se va neglija. Deasemenea se va considera că spectrul câmpului nu variază în diferite plane perpendiculare pe ax, lucru admisibil odată ce s'a arătat că l_δ este independent de δ (relația 3). La începutul mersului în gol, mașina merge nesaturată. Până la o tensiune corespunzătoare unei inducții medii de circa 13 000 gauși în dinți, distribuția câmpului în întrefier se va trasa considerând suprafețele, care mărginesc întrefierul ca suprafețe echipotențiale. In fig. 11 s'au trasat liniile de forță și echipotențiale la o mașină de curent continuu având datele arătate în fig. 10, neținând cont de prezența crestăturilor. Această distribuție a câmpului se menține atâta timp cât inducția maximă în dinți la mijlocul polului nu depășește 14 000 gauși. Pe baza distribuției liniilor de forță se poate determina componenta normală a inducției la periferia indusului reprezentată în fig. 9. In punctul depărtat cu x de mijlocul polului (fig. 3 și 9) aceasta este proporțională cu $1/\delta_x$, dacă se notează cu δ_x întrefierul geometric în acel punct. Trasarea câmpului în întrefier ca în fig. 11 nu mai este deci necesară pentru determinarea distribuției inducției la periferia indusului sub poli. Pentru reprezentarea grafică a repartiției inducției la periferia indusului, atât sub talpa polului, cât și între poli, fără a se desena spectrul câmpului, așa cum s'a făcut în fig. 11, se poate folosi următoarea metodă, aflată și verificată pe baza trasării spectrului câmpului la foarte multe mașini cu întrefier neuniform

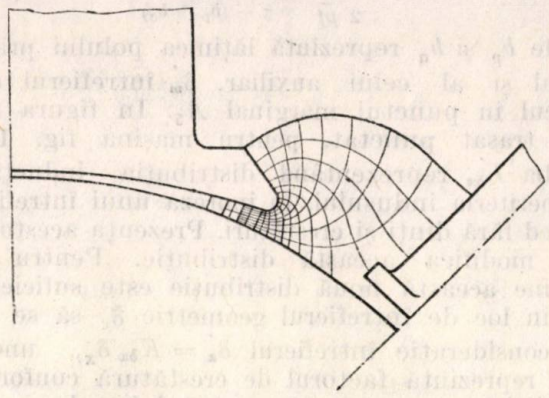


Fig. 11. Liniile de forță și echipotențiale la mașini fig. 10 pentru o mică saturație a dinților.

din cele mai diferite : Se desenează ca în fig. 12 desfășurata periferiei indusului pe un pas polar și se fixează :

ordonata A_1A_1', mijlocul polului ;
ordonata ff', marginile tălpii polului ;
ordonata A_5A_5' începutul curburei la marginea polului (fig. 13) ;
ordonata pp', marginea polului auxiliar ;
ordonata qq' astfel că $\overline{pq} = 0{,}75 \; \overline{pf}$;
ordonata xx' la un punct oarecare x depe axa absciselor și căreia îi corespunde un întrefier geometric δ_x.

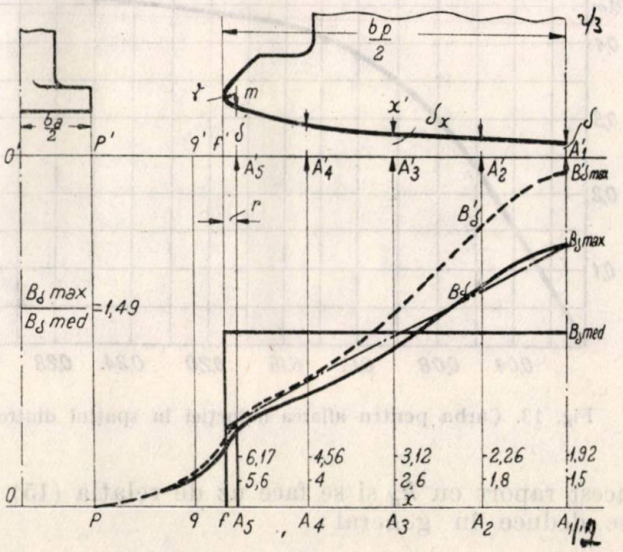


Fig. 12. Metodă pentru aflarea inducției la periferia indusului.

In toate punctele x cuprinse între A_1 și începutul razei de curbură A_5 inducția poate fi reprezentată de mărimea proporțională $1/\delta_x$. In punctul p, inducția poate fi considerată zero. Pentru a afla inducția în punctul q se

poate folosi curba din fig. 13, unde sa dau valorile inducției $B_{\delta q}$ în punctul q, față de $B_{\delta m}$ în funcție de raportul :

$$e = \frac{\delta'_m}{2\overline{pf}} = \frac{\delta'_m}{\tau - (b_p + b_a)} \qquad (17)$$

unde b_p și b_a reprezintă lățimea polului principal și al celui auxiliar, δ'_m întrefierul de calcul în punctul marginal A_5. In figura 12 s'a trasat punctat, pentru mașina fig. 10, curba $F'_{\delta x}$ reprezentând distribuția inducției la periferia indusului, în ipoteza unui întrefier neted fără dinți și crestături. Prezența acestora va modifica această distribuție. Pentru a obține această nouă distribuție este suficient ca în loc de întrefierul geometric δ_x să se ia în considerație întrefierul $\delta'_x = K_{\delta x}\,\delta_x$, unde $K_{\delta x}$ reprezintă factorul de crestătură conform relației (1) corespunzător punctului x. In acest punct ordonata curbei $B_{\delta x}$ nu va mai fi $1/\delta_x$ ci $1/\delta'_x$. Curba reală deci, reprezentând distribuția inducției la periferia indusului, va fi curba $F_{\delta x}$ trasată plin în fig. 12. In diferitele puncte x, s'a trecut la piciorul ordonatei valoarea în milimetri a întrefierului geometric δ_x și a întrefierului de calcul δ'_x. Această curbă reprezintă curba redată cu altă ocazie în fig. 9. Planimetrând această curbă se găsește o valoare proporțională cu B_δ med a inducției sub poli, precum și raportul b_δ/B_δ med. In cazul mașinii fig. 10 aceasta este egal cu 1,49. Dacă se notează

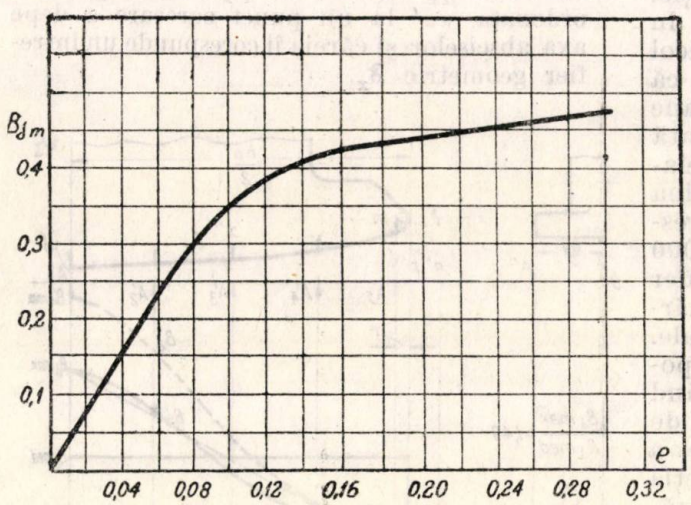


Fig. 13. Curba pentru aflarea inducției în spațiul dintre poli.

acest raport cu k_s și se face uz de relația (15) se deduce în general :

$$E_\delta = k_s \frac{\Phi}{b_p\, l_\delta}. \qquad (18)$$

Coeficientul k_s trebue dedus prin construcția grafică destul de simplă, arătată mai sus. Dacă se admite aproximația că variația inducției sub poli este lineară, că la marginea polului în f există inducția din A_5 și se neglijează valoarea fluxului din fereastra dintre poli, se deduce pentru valoarea k_s expresia :

$$k_s = 2\frac{\delta'_m}{\delta'_m + \delta'}. \qquad (19)$$

Astfel pentru cazul mașinii din fig. [10] respectiv fig. [12] rezultă pentru coeficientul k_s :

$$k_s = 2\,\frac{6{,}17}{6{,}17 + 1{,}92} = 1{,}52\,;$$

față de 1,49 cât s'a găsit prin metoda mai exactă arătată mai înainte. Practica arată că această aproximație este admisibilă. In fig. 12 s'a trasat cu linie punct, dreapta care înlocuește cu aproximație curba reală $B_{\delta x}$ a inducției sub talpa polului.

Configurația câmpului arătată în fig. 12 precum și relațiile deduse din aceasta, sunt valabile atâta timp, cât saturația în dinți este mică, adică atâta timp cât se poate neglija forța magnetomotoare a dinților, față de cea a întrefierului (relația 13 și 14). Când inducția în dinți la mijloc B'_z trece de circa 18 000÷19 000 gauși, adică atunci când inducția medie în dinți trece de circa 13 000 gauși, câmpul sub talpa polului capătă o configurație diferită de cea arătată în fig. 12. Pentru a găsi repartiția inducției la periferia indusului, atunci când saturația în dinți trece de 18 000÷19 000 gauși, se poate porni dela relația

$$H_{zx}\,h_z + H_{\delta x}\,\delta'_x = C^t \qquad (20)$$

unde H_{zx} este câmpul în dinți în punctul x, $H_{\delta x}$ câmpul în întrefier, h_z înălțimea dinților și δ'_x întrefierul de calcul în punctul x. Relația 20 exprimă că suprafețele SS și $S'S'$, care limitează talpa polului

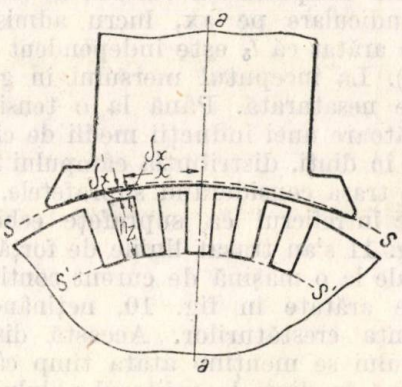


Fig. 14. Suprafețele echipotențiale în cazul dinților saturați.

și fundul dinților (fig. 14) sunt suprafețe echipotențiale. Suprafața polului însă trebue corectată în raportul δ_x/δ'_x, așa cum s'a arătat prin linia punctată în fig. 14. Dacă se face ipoteza, așa cum s'a menționat mai sus, că repartiția inducției în jugul indusului nu are nici o influență asupra repartiției inducției la periferia indusului, este evident că suprafețele SS și $S'S'$ din fig. 14 vor fi suprafețe echipotențiale. In ceeace privește determinarea inducției în spațiul cuprins între

poli, se va putea menține construcția arătată mai înainte, cu condiția ca valoarea întrefierului δ'_m, din punctul A_5 fig. 12 relația 17, să se mărească cu o cantitate δ''_m, astfel încât forța magnetomotoare corespunzătoare F''_m să fie egală cu cea corespunzătoare dintelui în punctul A_5 așa cum se va vedea mai departe.

Relația (20) este și ea o relație aproximativă, prin aceea că presupune H_{zx} constant în tot lungul dintelui. Acest lucru își are o aplicare justă numai atunci când dinții au peste tot aceeași lățime, ceeace în general nu este cazul. In cazul contrar, relația (20) este totuși suficient de exactă, dacă se convine că H_{zx} este valoarea câmpului la 1/3 din înălțimea dintelui măsurat dela partea îngustă In aceste condiții relația (20) se poate scrie :

$$H_{zx}\, h_z + 0{,}8\, F_{\delta x}\, \delta'_x = C^t. \qquad (21)$$

Pe de altă parte între inducția de calcul, sau aparentă B'_{zx} și $B_{\delta x}$ există o relație de forma relației (13) adică :

$$B'_{zx} = \frac{1}{k_c}\,\frac{l_\delta}{l}\,\frac{t_1}{b_{z\,1/3}}\,F_{\delta x} = \gamma B_{\delta x} \qquad (22)$$

iar între B'_{zx} și H_{zx} există relația :

$$H_{zx} = f(B'_{zx})$$

concretizată prin curba de magnetizare a materialului, corectată din pricina faptului că o parte din flux trece prin crestătură. Aceste curbe corectate $H_z = f(F'_z)$ se află în lucrarea prof. Alexeev „Mașini de tracțiune". Curbele sunt date în funcție de raportul :

$$k_z = \frac{t_{1\,1/3}}{k_c\, b_{z\,1/3}} - 1$$

In aceste condiții relația (21) se poate scrie :

$$h_z \cdot f(B'_{zx}) + \frac{0{,}8\,\delta'_x}{\gamma} F'_{zx} = C^t$$

sau

$$f(B'_{zx}) + \frac{0{,}8}{\gamma h_z}\,\delta'_x\, F'_{zx} = f(F'_z) + \frac{0{,}8}{\gamma h_z}\,\delta' F'_z = C^t \qquad (24)$$

unde B'_z este inducția de calcul în dintele dela mijlocul polului.

Relația (24) permite aflarea unei construcții grafice, prin care se poate găsi B'_{zx} adică inducția de calcul în dintele aflat sub talpa polului la distanța x de mijlocul polului. Cunoscând astfel B'_{zx}, din relația (22) va rezulta :

$$B_{\delta x} = \frac{B'_{zx}}{\gamma}$$

încât repartiția inducției sub pol va putea fi deci cunoscută. In fig. 15 s'a făcut această construcție pentru cazul mașinii de curent continuu arătată în fig. 10 pentru o inducție aleasă la mijlocul polului $B_\delta = 9\,000$ gauși în întrefier.

Mașina arătată în fig. 10 are :

$\tau = 21{,}6$ cm ; $t_{1\,1/3} = 19{,}1$; $k_c = 0{,}9$; $b_{z\,1/3} = 10{,}1$ mm ;

$\delta'_m = 6{,}17$ mm ; $\delta' = 1{,}92$ mm ; $h_z = 2{,}79$ cm ;

$b_p = 13{,}6$ cm ; $b_a = 3$ cm.

$$k_z = \frac{19{,}1}{0{,}9 \times 10{,}1} - 1 = 1{,}1.$$

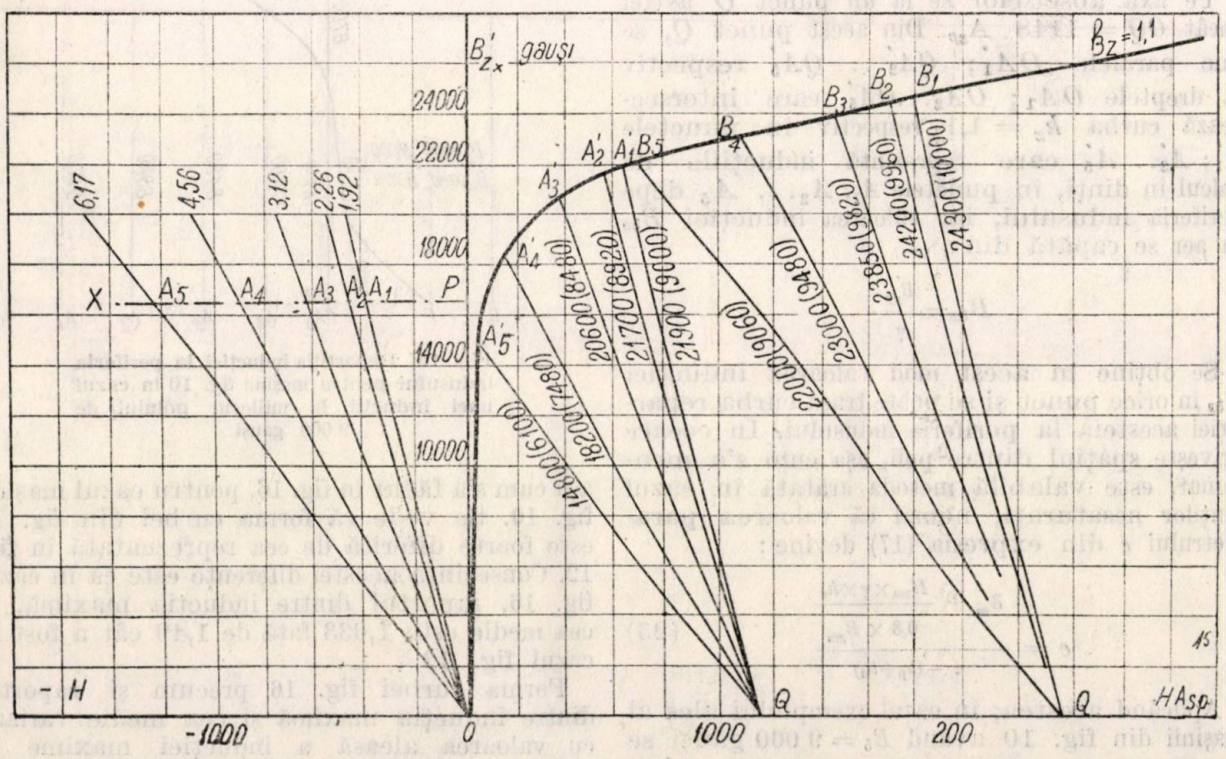


Fig. 15. Aflarea inducției în întrefier în cazul dinților saturați la mașina fig. 10.

Curba notată $k_z = 1{,}1$ din fig. 15 reprezintă după lucrarea prof. Alexeev curba de magnetizare a tolei pentru $k_z = 1{,}1$. Deasemenea pentru aceeași mașină după relația (22), $l_\delta = l$:

$$\gamma = \frac{1}{0{,}9}\ \frac{22{,}1}{10{,}1} = 2{,}43\,;$$

și

$$\frac{0{,}8}{\gamma h_z} = \frac{0{,}8}{2{,}43 \times 2{,}79} = 0{,}118.$$

Pentru inducția arbitrară în aer la mijlocul polului aleasă de 9 000 gauși, inducția aparentă în dinți în acel loc va fi :

$$B_z' = 2{,}43 \times 9\,000 = 21\,900 \text{ gauși};$$

iar după curba $k_z = 1{,}1$ din fig. 15 :

$$f\,(21\,900) = 660 \text{ A}_{sp};$$

astfel încât valoarea constantei din relația (24) devine :

$$C^t = 660 + 0{,}118 \times 0{,}192 \times 21\,900 = 1148 \text{ A}_{sp}.$$

In fig. 15 stânga, se trag dreptele OA_1; OA_2;....OA_5 ; corespunzând fiecare întrefierului δ_x' din punctele A_1; A_2; A_3; A_4; A_5. Valoarea întrefierului s'a scris în fig. 15 în dreptul fiecărei drepte. Fiecare dreaptă satisface respectiv ecuația :

$$-H = \frac{0{,}8\,\delta_x'}{\gamma\, h_z} B_{zx}'$$

care în cazul mașinii (fig. 10) devine :

$$-H = 0{,}118\ \delta_x' B_{\delta x}.$$

Pe axa absciselor se ia un punct Q astfel încât $OQ = 1148$ A_{sp}. Din acest punct Q, se duc paralele QA_1'; QA_2'... QA_5' respectiv la dreptele OA_1; OA_2...OA_5', care intersectează curba $k_z = 1{,}1$ respectiv în punctele A_1'; A_2'...A_5' care reprezintă inducțiile de calcul în dinți, în punctele A_1, A_2... A_5 depe periferia indusului, iar valoarea inducției $B_{\delta x}$ în aer se capătă din :

$$B_{\delta x} = \frac{B_{zx}'}{\gamma}.$$

Se obține în acest mod valoarea inducției $B_{\delta x}$ în orice punct și se poate trasa curba repartiției acesteia la periferia indusului. In ceeace privește spațiul dintre poli, așa cum s'a menționat, este valabilă metoda arătată în cazul dinților nesaturați, numai că valoarea parametrului e din expresia (17) devine :

$$e = \frac{\delta_m' + \dfrac{H_{zm} \times \gamma \times h_z}{0{,}8 \times B_{zm}'}}{\tau - (b_p + b_a)} \qquad (25)$$

Aplicând acestea, în cazul exemplului ales al mașinii din fig. 10 având $B_\delta = 9\,000$ gauși se va afla că de pildă în punctul A_3 cu $\delta_x' =$ 3,12 mm, îi corespunde în fig. 15 dreapta OA_3, iar paralela QA_3' din punctul Q intersectează curba $k_z = 1{,}1$ în punctul A_3'. Inducția în dinți în acel punct, se găsește 20 600 gauși, iar în aer 8 400 gauși. Pe dreptele QA_1'; QA_2'... QA_5' din fig. 15 s'au înscris atât inducția în dinți cât și inducția în aer rezultată. In figura 16 s'a trasat din nou curba de repartiție a inducției la periferia indusului cu valorile găsite, iar în spațiul dintre poli s'a folosit aceeași metodă ca în cazul dinților nesaturați, cu deosebire că parametrul e s'a calculat cu expresia (25). Valoarea inducției în dinte B_{zm}' și câmpul din punctul A_5, așa cum se vede pe diagrama din fig. 15, este :

$$B_{zm}' = 14\,800 \text{ gauși},$$

$$H_{zm} = 29 \text{ A}_{sp}$$

și deci :

$$e = \frac{0{,}617 + \dfrac{29 \times 2{,}43 \times 2{,}79}{0{,}8 \times 14\,800}}{21{,}6 - (13{,}6 + 3)} = 0{,}125,$$

iar după curba fig. 13 :

$$\frac{B_{\delta q}}{B_{\delta m}} = 0{,}39,$$

astfel că inducția în punctul q este :

$$B_{\delta q} = 0{,}390 \times 6100 = 2380 \text{ gauși}.$$

Aceste puncte aflate, sunt suficiente pentru a trasa curba inducției la periferia indusului,

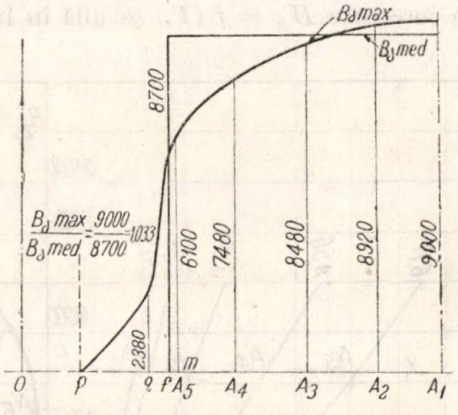


Fig. 16. Repartiția inducției la periferia indusului pentru mașina fig. 10 în cazul unei inducții la mijlocul polului de 9 000 gauși.

așa cum s'a făcut în fig. 16, pentru cazul mașinii fig. 10. Se vede că forma curbei din fig. 16 este foarte diferită de cea reprezentată în fig. 12. Consecința acestei diferențe este că în cazul fig. 16, raportul dintre inducția maximă, și cea medie este 1,033 față de 1,49 cât a fost în cazul fig. 12.

Forma curbei fig. 16 precum și raportul dintre inducția maximă și cea medie variază cu valoarea aleasă a inducției maxime la mijlocul polului. Pentru inducțiile în dinți la

mijlocul polului, care dau o forță magnetomotoare neglijabilă de cea necesară, pentru magnetizarea întrefierului este valabilă curba din fig. 12. Se poate conveni că 5...6% în medie 5,5% din forța magnetomotoare a întrefierului la mijloc este o valoare neglijabilă. In această ipoteză, pentru cazul mașinei din fig. 10, la o inducție în dintele dela mijloc de 14 000 gauși, adică la o inducție în întrefier la mijloc de :

$$\frac{14\,500}{2{,}43} = 5\,750 \text{ gauși}$$

forța magnetomotoare pentru magnetizarea întrefierului este :

$$0{,}8 \times 5\,750 \times 0{,}192 = 885 \text{ A}_{sp},$$

iar forța magnetomotoare pentru magnetizarea dinților este :

$$18{,}2 \times 2{,}79 = 51 \text{ A}_{sp},$$

adică 5,76% din f.m.m. a întrefierului putându-se neglija, astfel încât se poate considera că pentru valori ale inducției în întrefier la mijlocul polului, mai mici ca 5 750 gauși inclusiv, forma curbei inducției la periferia indusului la mașina fig. 10 este identică întotdeauna cu cea reprezentată în fig. 12, încât raportul dintre valoarea inducției maxime și a inducției medie este constant și în speță egal cu 1,49. Valorile forței magnetomotoare pe centimetru se pot lua fie din curbele din lucrarea prof. Alexeev citată, fie pentru valori mici, mai precis din tabelele, care se găsesc în lucrarea lui P. N. Sliahto și D. D. Zaharenco [3].

In exemplul citat, valoarea de 18,2 A_{sp}/cm, s'a luat din acele tabele. Tabelele pot fi folosite pentru valori ale inducției sub 18 000 gauși, urmând ca pentru valori mai mari să se folosească pentru mașina arătată în fig. 10 chiar curba $k_z = 1{,}1$ din fig. 15, reprodusă după lucrarea citată a prof. Alexeev.

Așa cum s'a văzut deci, pentru valori mai mari ale inducției la mijloc, forma curbei repartiției inducției se schimbă, iar raportul B_δ/B_δ med este variabil. Dacă însă se continuă a se desena curba repartiției inducției pentru valori ale inducției la mijlocul polului și mai mari, se va observa că dela o anumită valoare în sus, forma curbei nu se mai schimbă decât foarte puțin, iar consecința acestui lucru este că valoarea raportului B_δ/B_δ med va redeveni sensibil constantă. Valoarea constantă a acestui raport este cu ceva mai mică decât 1. Dacă se revine la construcția arătată în fig. 15, se poate observa că acest lucru se va stabili în momentul când întreg mănunchiul de raze QA_5'; QA_4'; QA_3' ... QA_1', va intercepta caracteristica $k_z = 1{,}1$ după cot. In acest caz punctul Q se va muta pe axa absciselor în Q', iar paralelele la OA_1; OA_2;.... OA_5 vor intercepta caracteristica $k_z = 1{,}1$ în punctele B_1; B_2; B_3... B_5. Punctul B_5 corespunde unei inducții aparente în dinți de 22 000 gauși, iar punctul B_1 unei inducții aparente în dinți la mijlocul polului de 24 300 gauși, respectiv în întrefier de :

$$\frac{24\,300}{2{,}43} = 10\,000 \text{ gauși}.$$

In fig. 15 s'a trecut pe fiecare rază $Q'B_1$; $Q'B_2$;.... $Q'B_5$; inducțiile respective în dinte și întrefier, pentru cazul mașinii din fig. 10, iar în fig. 17 s'a trasat repartiția corespunzătoare a inducției. Pentru trasarea curbei în spațiul dintre poli s'a luat pentru e valoarea după relația (25).

$$e = \frac{0{,}617 + \frac{700 \times 2{,}43 \times 2{,}79}{0{,}8 \times 22\,000}}{21{,}6 - (13{,}6+3)} = 0{,}2$$

iar după fig. 13.

$$\frac{B_{\delta q}}{B_{\delta m}} = 0{,}44$$

și deci :

$$B_{\delta q} = 0{,}44 \times 9\,060 = 3\,980 \text{ gauși}.$$

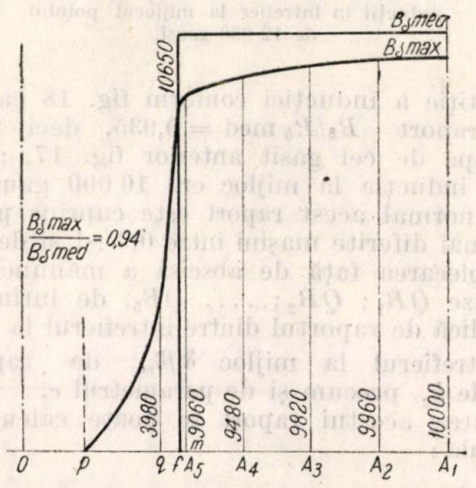


Fig. 17. Repartiția inducției la periferia indusului la mașina fig. 10 când inducția la mijloc B_δ = 10 000 gauși

Inducția medie care rezultă este 10 650 gauși, iar raportul B_δ/B_δ med = 0,94 mai mic ca 1. Motivul pentru care la inducții mari raportul B_δ/B_δ med variază puțin, este că în timp ce sub talpa polului aspectul câmpului nu se schimbă, în spațiul dintre poli el se schimbă totuși din cauza întrefierului echivalent variabil δ_m''. Se vede cu ușurință că acest raport rămâne totuși aproape constant, chiar la inducții foarte mari, din cauza efectului magnetic cauzat de fierul polului auxiliar. Numai la inducții reale în dinți de peste 28 000 gauși, unde permeabilitatea fierului devine aproape egală cu a aerului acest raport poate varia, lucru care însă nu interesează prezenta lucrare, deoarece nu va fi nevoie să se ajungă până la asemenea inducție, așa cum se va vedea.

Variația raportului B_δ/B_δ med pentru inducțiile de calcul în dintele dela margine de peste 22 000 gauși și chiar începând dela 21 000

gauși este foarte mică. Astfel chiar în cazul mașinii din fig. 10, la o inducție în aer la mijloc de 12 000 gauși se găsește în același mod, o

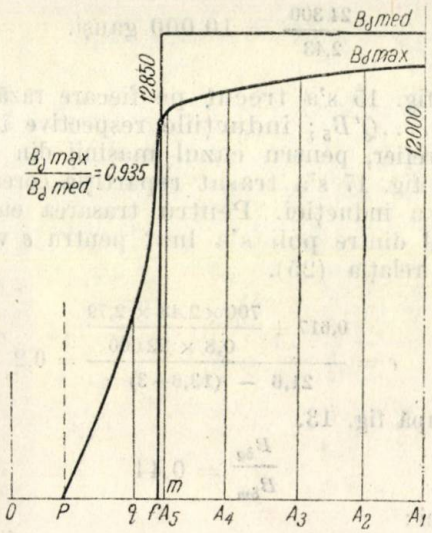


Fig. 18. Repartiția inducției la periferia indusului mașinii fig. 10 în cazul unei inducții în întrefier la mijlocul polului de 12 000 gauși.

repartiție a inducției conform fig. 18 care dă un raport B_δ / B_δ med $= 0{,}935$, deci foarte aproape de cel găsit anterior fig. 17, atunci când inducția la mijloc era 10 000 gauși. In mod normal acest raport este cuprins pentru cele mai diferite mașini între 0,9÷1 și depinde de aplecarea față de abscisă a mănunchiului de raze QB_1; QB_2;..... QB_5, de întinderea lor adică de raportul dintre întrefierul la capăt și întrefierul la mijloc δ'/δ'_m, de raportul δ/h_z de k_z, precum și de parametrul e.
Valoarea acestui raport se poate calcula cu formula:

$$\frac{B_\delta}{B_\delta \text{ med}} = \frac{B_\delta \text{ max}}{B_\delta \text{ med}} = \frac{1 + \dfrac{\delta'_m - \delta'}{\delta'_m + \gamma h_z \dfrac{1}{0{,}972\, k_z + 1{,}33}}}{1 + \dfrac{\tau - (b_p + b_a)}{8\, b_p} + \dfrac{B_{\delta q}}{B_{\delta m}} \dfrac{\tau - (b_p + b_a)}{2\, b_p} + \dfrac{0{,}5\,(\delta'_m - \delta')}{\delta'_m + \gamma h_z \dfrac{1}{0{,}972\, k_z + 1{,}33}}} \tag{26}$$

iar pentru parametrul „e" necesar la determinarea raportului $B_{\delta q}/B_{\delta m}$ se poate folosi relația:

$$e = \frac{\delta'_m + \dfrac{\gamma\, h_z}{0{,}972 k_z + 277}}{\tau - (b_p + b_a)} \tag{27}$$

cu datele mașinii arătate în fig. 10 se obține:

$$\tau - (b_p + b_a) = 5 \text{ cm};$$

după (27)

$$e = 0{,}174;$$

astfel că după fig. 13;

$$\frac{B_{\delta q}}{B_{\delta m}} = 0{,}475;$$

și deci după (26):

$$\frac{B_\delta \text{ max}}{B_\delta \text{ med}} = 0{,}94,$$

adică aproape chiar valoarea raportului găsit prin trasarea grafică a curbei inducției la periferia indusului.

Valoarea medie a raportului B_δ max$/B_\delta$ med pentru toate mașinile normale este de aproximativ 0,95. Pentru calcule rapide este suficient a se admite această valoare medie.

Figura 19 reprezintă variația inducției la

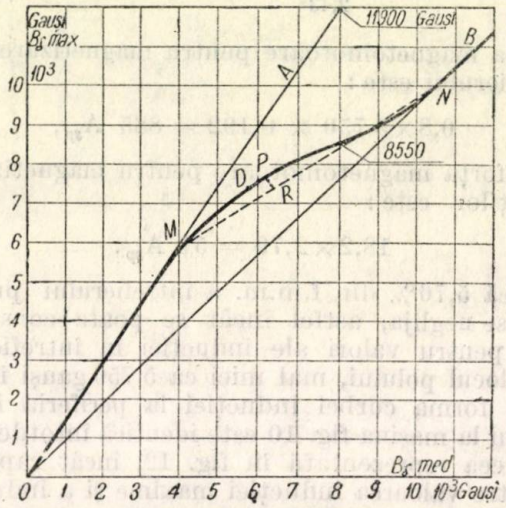


Fig. 19. Curba de variație a inducției $B_{\delta\, mijloc}$ în funcție de B_δ mediu.

mijloc $B_{\delta\, mijloc}$ în funcție de inducția medie în întrefier, care la mașinile cu întrefierul simetric este chiar B_δ max. Așa cum s'a arătat mai înainte, până la o anumită inducție (5750 gauși la mașina fig. 10) în întrefier la mijlocul polului, raportul $\frac{B_{\delta\, mijloc}}{B_\delta \text{ med}}$ este constant și anume în cazul mașinii din fig. 10 egal cu 1,49, așa încât curba $B_{\delta mijloc} = f(B_\delta$ med) este porțiunea de dreaptă $O\,M$ punctul M corespunzător ordonatei de 5750 gauși. Deasemenea s'a arătat că la inducții mari raportul $\frac{B_{\delta\, mijloc}}{B_\delta \text{ med}}$ este iarăși constant, în cazul mașinii fig. 10 egal cu 0,940 (în general se poate admite 0,95) așa încât curba $B_{\delta\, mijloc} = f(B_\delta$ med) este iarăși o dreaptă și anume dreapta OB. Punctul N, dela care este valabilă dreapta OB va corespunde ordonatei:

$$\frac{20\,800 + 730\, h_z}{\gamma} \left\{ 1 + \frac{\delta'_m - \delta'}{\delta'_m + \gamma h_z \dfrac{1}{0{,}972\, k_z + 1{,}33}} \right\} \tag{28}$$

adică în cazul mașinii din fig. 10 = 9985 ~ 10 000 gauși. Pentru a avea în întregime curba de variație a lui B_δ max și în intervalul dintre M și N, trebe observat că această curbă este tangentă în punctul M (în realitate ceva mai jos)

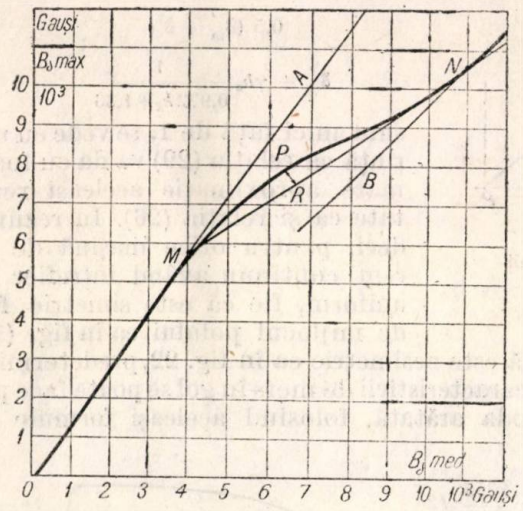


Fig. 20. Curba de variație B_δ mediu în funcție de B_δ max la o mașină cu $\delta/\delta_m = 7$.

la dreapta OA și tangentă în punctul N la dreapta OB. Față de dreapta, care unește punctul M și N această curbă diferă tocmai prin faptul că este tangentă la dreptele OA și OB. Alura ei este destul de apropiată de a dreptei. Această curbă se poate foarte ușor trasa din ochi numai cu ajutorul tangentelor OM și ON și a dreptei MN, care poate servi ca dreaptă de ghidaj. Spre a se vedea că trasarea din ochi este suficientă s'a făcut în cazul fig. 19 valabilă pentru mașina cu datele arătate în fig. 10, verificarea unui punct D intermediar, având de pildă ordonatade 7500 gauși. Inducția medie aflată prin metoda exactă arătată în fig. 15 este de 5 860 gauși față de 5 800 cât rezultă din trasarea din ochi a curbei MDN. Sigur că o trasare mai exactă se face dacă în afară de punctele M; N și de tangentele OM și ON se mai calculează încă un punct intermediar D. Pe baza a numeroase curbe de felul fig. 19, executate pentru cele mai diferite feluri de mașini, chiar având întrefierul geometric la margine, exagerat de mare față de cel dela mijloc, până la de 7÷8 ori (fig. 20), se poate găsi un punct intermediar P, pe curba MN în felul următor: Se unește M cu N și se fixează pe dreapta MN un punct R astfel încât $MR = 1/3\ MN$. Săgeata RP perpendiculară pe MN se poate găsi în curba fig. 21, unde aceasta este dată în gauși în funcție de lungimea MN tot în gauși. Este preferabil ca scara absciselor și scara ordonatelor să fie identice. RP este săgeata maximă. Cu aceste elemente trasarea curbei OMN reprezentând variația inducției la mijloc B_δ max față de B_δ med este foarte simplă. După stabilirea acesteia, determinarea caracteristicii de mers în gol se urmează cu ușurință, așa cum este arătat în literatură. La o valoare a tensiunii

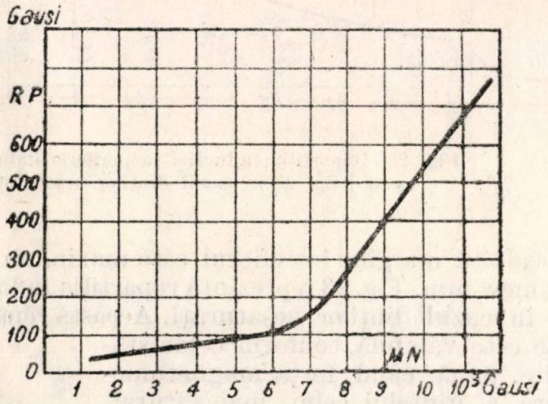


Fig. 21. Săgeata RP în gauși în funcție de lungimea coarde MN în gauși.

la borne dată, adică la flux dat, calculat după relația (16) se găsește B_δ med după (15) iar cu ajutorul curbelor fig. 19,20; se găsește B_δ max, care se află la mijlocul polului în cazul mașinilor cu întrefier simetric și deci și inducția în dinți cu relația (13), precum și forțele magnetomotoare respective. Restul circuitului magnetic se determină, după cum este arătat în [1], [5], [6].

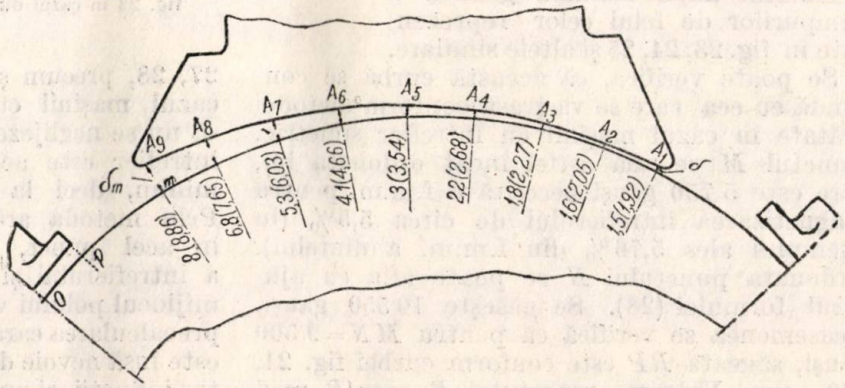


Fig. 22. Mașini de curent continuu cu întrefier nesimetric.

Calculul unei mașini având întrefierul neuniform ca în fig. 7 însă nesimetric, nu prezintă diferențe principiale față de calculul mașinii cu întrefier simetric, care s'a arătat mai sus, dacă se convine ca prin δ să se înțeleagă întrefierul minim, care (fig. 7) de data aceasta se află la o margine a polului, iar prin δ_m (fig. 7) întrefierul maxim, care se află la cealaltă margine a polului.

Fig. 23, 24, 25, arată repartiția inducției la o astfel de mașină având datele geometrice repre-

zentate în fig. 22, însă întrefierul neuniform şi nesimetric. La o margine a polului întrefierul geometric este minim şi anume 1,5 mm ;

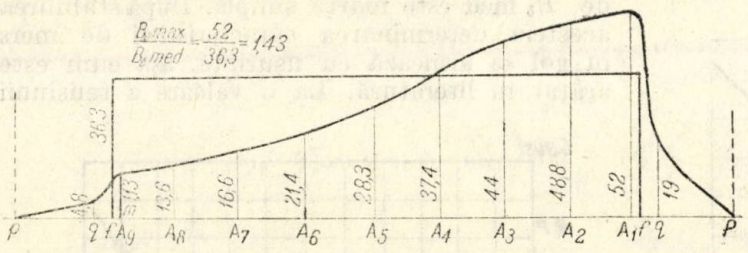


Fig. 23. Repartiţia inducţiei la periferia indusului maşinii din fig. 23 în cazul dinţilor nesaturaţi.

la cealaltă margine întrefierul este maximum şi anume 8 mm. Fig. 23 reprezintă repartiţia inducţiei în cazul dinţilor nesaturaţi. Această repartiţie este valabilă, conform celor stabilite, până când forţa magnetomotoare a dintelui celui mai saturat, care de data aceasta se află la o margine a polului, reprezintă circa 5,5% din f.m.m. a întrefierului minim. Fig. 25 reprezintă repartiţia inducţiei în cazul dinţilor, complect saturaţi, adică când mănunchiul de raze $Q'B$ (fig. 15) se află dincolo de cotul caracteristicii de magnetizare. Fig. 24 reprezintă repartiţia inducţiei într'un caz intermediar, adică în cazul dinţilor semisaturaţi. In fig. 26 s'a reprezentat curba B_δ max $=$ f(B_δ med) similară curbelor fig. 19 şi 20, aşa cum a rezultat după trasarea grafică a câmpurilor de felul celor reprezentate în fig. 23, 24, 25 şi altele similare.

Se poate verifica, că această curbă se confundă cu cea care se va trasa conform metodei arătate în cazul maşinii cu întrefier simetric. Punctul M se află astfel încât ordonata lui, care este 5 750 gauşi necesită o f.m.m. pentru magnetizarea întrefierului de circa 5,5% (în exemplul ales 5,76% din f.m.m. a dintelui). Ordonata punctului N se poate afla cu ajutorul formulei (28). Se găseşte 10 550 gauşi. Deasemenea se verifică că pentru $MN = 9\,500$ gauşi, săgeata RP este conform curbei fig. 21, 460 gauşi. Valoarea raportului B_δ max/B_δ med pentru cazul maşinii cu întrefier nesimetric de felul celei reprezentată în fig. 22 se deduce că trebue calculat cu relaţia :

Deoarece termenii :

$$\frac{\tau - (b_p + b_a)}{8 b_p}$$

$$\frac{B_{\delta q}}{B_{\delta m}} \; \frac{\tau - (b_p + b_a)}{2 b_p} \; ;$$

$$\frac{0{,}5\,(\delta_m' - \delta')}{\delta_m' + \gamma h_z \dfrac{1}{0{,}972\, k_z + 1{,}33}} \; ;$$

sunt mici faţă de 1, se vede cu uşurinţă că relaţia (29) va da cu foarte mare aproximaţie aceleaşi rezultate ca şi relaţia (26). In rezumat deci, pentru orice maşină de curent continuu având întrefier neuniform, fie că este simetric faţă de mijlocul polului ca în fig. (10), fie că este nesimetric ca în fig. 22, predeterminarea caracteristicii de mers în gol se poate face prin metoda arătată, folosind aceleaşi formule 26,

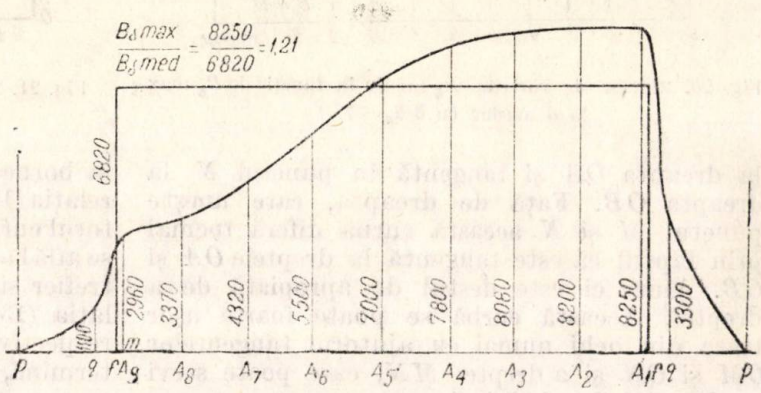


Fig. 24. Repartiţia inducţiei la periferia indusului maşinii fig. 23 în cazul dinţilor semisaturaţi.

27, 28, precum şi curbele fig. 13 şi fig. 21. In cazul maşinii cu întrefier nesimetric, trebue să nu se neglijeze faptul că inducţia maximă în întrefier este acolo unde acest întrefier este minim, deci la unul din marginile polului. Prin metoda arătată aci se găseşte inducţia în acel punct, precum şi f.m.m. respectivă a întrefierului şi a dintelui corespunzător. La mijlocul polului vor exista alte inducţii. Pentru precalcularea caracteristicii de mers în gol, nu este însă nevoie de cunoaşterea în detaliu a acestor inducţii, ci numai de suma f.m.m. a întrefierului şi a dintelui dela mijloc, care este egală cu suma f.m.m. a întrefierului şi a dintelui dela margine, aşa cum s'a arătat mai înainte (relaţia 20).

$$\frac{B_\delta \text{ max}}{B_\delta \text{ med}} = \frac{1 + \dfrac{\delta_m' - \delta'}{\delta_m' + \gamma h_z \dfrac{1}{0{,}972\, k_z + 1{,}33}}}{\left\{1 + \dfrac{\tau - (b_p + b_a)}{8\, b_p} + \dfrac{B_{\delta q}}{B_{\delta m}} \dfrac{\tau - (b_p + b_a)}{2\, b_p}\right\} \left\{1 + \dfrac{0{,}5\,(\delta_m' - \delta')}{\delta_m' + \gamma h_z \dfrac{1}{0{,}972\, k_z + 1{,}33}}\right\}} \qquad (29)$$

Până acum determinarea caracteristicii de mers în gol, la maşina de curent continuu cu întrefier neuniform, se făcea în general neglijându-se efectele saturaţiei, determinându-se inducţia medie, aproximativ aşa cum s'a arătat şi aci în cazul dinţilor nesaturaţi. Aproximaţia constă în aceea că în general se neglijează câmpul din spaţiul dintre poli. După cele ce s'a arătat în prezentul articol, se vede cât de mari pot fi erorile, care rezultă astfel. Dacă se consideră curba din fig. 19, care se referă la maşina reprezentată în fig. 10, se vede că a neglija efectele saturaţiei, înseamnă a socoti că variaţia $B_\delta \max = f(B_\delta \text{ med})$ este dreapta OMA în loc de curba $OMPB$, aşa încât la inducţia medie în întrefier de 8 000 gauşi, valoare care la maşinile de curent continuu este extrem de curentă, se deduce că inducţia în întrefier la mijloc ar fi de 11 900 gauşi în loc de 8 550 gauşi cât este în realitate. In dintele dela mijloc se va găsi o inducţie de calcul de :

$$2{,}43 \times 11\,900 = 28\,900 \text{ gauşi}$$

în loc de :

$$2{,}43 \times 8\,550 = 20\,800 \text{ gauşi}$$

cât este în realitate.

După curbele de magnetizare arătate în [2] şi [3] din care s'a reprodus aci cea din fig. 15

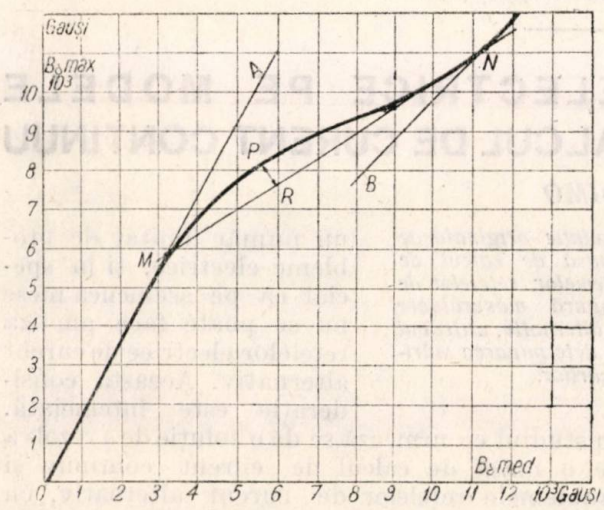


Fig. 26. Curba de variaţie $B_{\delta\,max}$ în funcţie de $B_{\delta\,med}$ la maşina fig. 22.

corespunzătoare pentru maşina arătată în fig. 10, adică cea pentru $k_z = 1{,}1$, se găseşte în rezumat pentru f.m.m. ale întrefierului şi dintele respectiv valorile :

după metoda corectă arătată aci :

$0{,}8 \times 8\,550 \times 0{,}192 + 440 \times 2{,}79 = 2550$ A_{sp},

iar după vechea metodă :

$0{,}8 \times 11\,900 \times 0{,}192 + 3\,600 \times 279 = 11\,830$ A_{sp},

adică de peste patru ori mai mult. Chiar pentru inducţii mici în întrefier se găsesc diferenţe mari. La maşina fig. 10 pentru o inducţie

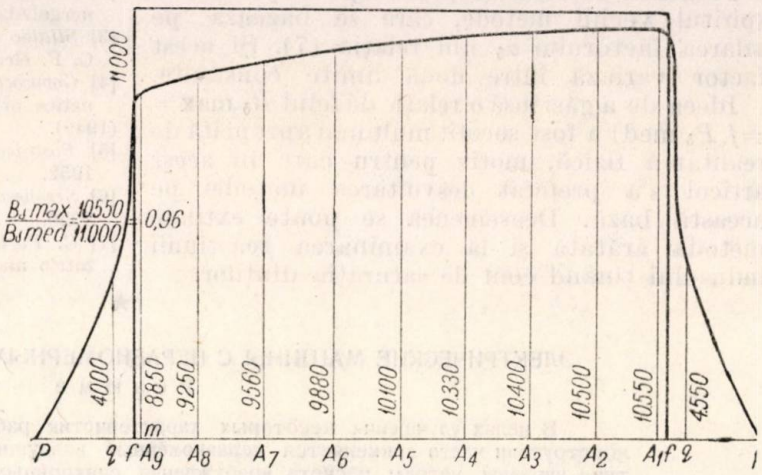


Fig. 25. Repartiţia inducţiei la periferia indusului maşinii fig. 23 în cazul dinţilor saturaţi.

medie în întrefier de 6 000 gauşi se găseşte după vechea metodă, că sunt necesare 2 420 A_{sp}. pentru magnetizarea întrefierului şi dinţilor. Calculul corect arată însă că în realitate sunt suficiente numai 65% din această cifră adică 1 570 A_{sp}. Vechea metodă dă valori mult prea mari, rezultând o supradimensionare considerabilă a maşinii. Cu toate că vechea metodă este acoperitoare, asemenea diferenţă nu poate fi admisă.

După metoda arătată aci, s'au calculat la una din fabricile de maşini electrice câteva maşini de curent continuu. Rezultatele încercărilor la platforma de încercare ale acestor maşini, au corespuns foarte exact cu caracteristica predeterminată.

In mod normal deci, în aplicarea metodei arătată în prezentul articol, o maşină de curent continuu, având întrefier neuniform simetric sau nesimetric, se poate calcula cu aceeaşi exactitate ca şi o maşină cu întrefier uniform.

Această metodă se poate aplica în mod absolut identic şi pentru maşinile sincrone cu întrefier neuniform, pentru care sunt în uz şi alte metode [6]. Curbele şi tabelele arătate aci sunt valabile şi la aceste feluri de maşini. Formulele sunt valabile şi la aceste maşini cu menţiunea că $b_a = 0$. Şi în cazul acestor maşini, *această metodă este mai corectă* şi are avantajul în plus că este mai simplă, în comparaţie cu vechile metode exacte, care implică folosirea a o serie de factori şi de curbe de corecţie. In ceeace priveşte factorul de formă k_E se poate găsi evident şi pentru aflarea lui, o metodă identică bazată pe aceleaşi considerente, deoarece şi acesta va varia între două limite constante, corespunzând cazurilor dinţilor nesaturaţi şi al dinţilor complect saturaţi. Dacă însă se ţine cont de limitele foarte strânse, între care poate varia acest factor,

se va vedea că este suficient a se admite pentru acesta, valorile recomandate de practica sovietică și arătată mai înainte în tabela 1.

Prezenta metodă se poate aplica perfect în spiritul vechii metode, care se bazează pe aflarea factorului α_δ din relația (7). Și acest factor variază între două limite constante.

Ideea de a găsi însă o relație de felul $B_\delta \max = f(E_\delta \text{ med})$ a fost socotit mult mai apropiată de realitatea fizică, motiv pentru care în acest articol s'a preferat desvoltarea metodei pe această bază. Deasemenea se poate extinde metoda arătată și la examinarea reacțiunii indusului ținând cont de saturația dinților.

Bibliografie

[1]. *Piotrovschi L. M.*: Mașini electrice. Gosenergoizdat, Moscova, 1950.

[2]. *Alexeev A. N.*: Motoare electrice de tracțiune. Gosenergoizdat, Moscova, 1951.

[3] *Sliahto P. N.* și *Zaharcenco D. D.*: Material rulant pentru C. F. electrice, vol. II.

[4] *Govorocov V. A.*: Calculul câmpurilor electrice și magnetice prin metoda rețelei potențiale. Electricestvo Nr. 3 (1949).

[5] *Postnicov I. M.*: Proiectarea mașinilor electrice. Kiev, 1952.

[6] *Sergheev P. S.*: Proiectarea mașinilor electrice. Moscova, 1950.

[7] *C. Partenie Antoni*: Asupra distribuției câmpului indus într'o mașină de curent continuu. Iași, H. Goldner, 1925.

★

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ С НЕРАВНОМЕРНЫМ ВОЗДУШНЫМ ЗАЗОРОМ

Резюме

В целях улучшения некоторых характеристик работы электрических машин, в их конструкции часто применяется неравномерный воздушный зазор. В технической литературе указаны методы расчета возбуждения синхронным машин с явными полюсами и изменяющимся воздушным зазором. Но очень мало написано о машинах постоянного тока с изменяющимся воздушным зазором. Существующие методы расчёта для синхронных машин являются сложными, в особенности если учесть насыщение зубцов. Такой метод не может быть применен для машин постоянного тока с неравномерным воздушным зазором, где насыщениями, вообще, ни в коем случае нельзя пренебречь.

Излагается новый метод расчёта основанный на наблюдениях над полем в воздушном зазоре в крайних случаях, когда насыщение зубцов мало и когда оно велико. В обоих крайних случаях находится, что раопределение индукции имеет постоянную форму. Таким образом всегда выводится как изменяется отношение максимальной индукции в воздушном зазоре B_γ макс. к средней индукции в воздушном зазоре B_γ ср. Находится очень простая для нанесения кривая, которая даёт B_γ макс. = f (B_γ ор) и таким образом можно вычислить возбуждение холостого хода. Этот метод дал на практике очень точные результаты. В сравнении с некоторыми текущими методами, которые не учитывают насыщения, указанный метод может дать очень большие расхождения в минус. Таким образом можно избегнут больших расходов материала. Метод применим для любых машин, следовательно и для синхронных машин с изменяющимся воздушным зазором, в особенности когда насыщения в зубцах значительны и ими нельзя пренебречь.

CALCULUL REȚELELOR ELECTRICE PE MODELE POSIBILITĂȚILE MESELOR DE CALCUL DE CURENT CONTINUU

Ing. P. DIMO

In articol autorul dă o soluție originală de rezolvare pe o singură masă de calcul de curent continuu și a problemelor rețelelor de curent alternativ, cu o singură măsurătoare ca și pe mesele de curent alternativ, utilizând un grafic ajutător pentru determinarea mărimilor și a scărilor.

INTRODUCERE

Calculul rețelelor buclate complexe prin metode analitice este laborios și necesită mult timp; deaceea s'a căutat posibilitatea rezolvării acestei probleme pe o cale mai simplă. S'a ajuns astfel la utilizarea modelelor de rețele sau a meselor de calcul electrice care dau posibilitatea înlocuirii calculului analitic prin măsurători directe asupra unor modele. Un model de rețea (sau o masă de calcul) este constituit dintr'un ansamblu de rezistențe, inductanțe și capacități conectate astfel, încât să reprezinte la o anumită scară rețeaua ce trebue studiată. Generatorii din rețea sunt reprezentați printr'o tensiune luată în cazul curentului alternativ dela un transformator sau generator special, sau dela o baterie de acumulatori în cazul unui model de rețea pentru curent continuu.

In mod obișnuit se consideră că pe o masă de calcul de curent continuu se pot rezolva un număr limitat de probleme electrice, și în special că pe asemenea mese nu se poate face analiza rețelelor electrice de curent alternativ. Această considerație este întemeiată. In studiul ce urmează, se dă o soluție de a rezolva pe o masă de calcul de curent continuu și problemele rețelelor de curent alternativ, cu o singură măsurătoare ca și pe mesele de curent alternativ, utilizând un grafic ajutător pentru determinarea mărimilor și a scărilor.

MODELE DE REȚEA DE CURENT ALTERNATIV

Pentru executarea unui model simplificat în curent alternativ sunt necesare următoarele elemente de rețea:

1. Transformatori sau generatori speciali cu posibilitatea de reglare a tensiunii ca mărime și fază cu ajutorul cărora se reprezintă generatorii din centrale. In cazul cel mai simplu se pot utiliza autotransformatori trifazați. Cele

trei înfășurări sunt prevăzute cu prize, iar tensiunea necesară se obține dela două din aceste prize. După cum se vede în fig. 1, vec-

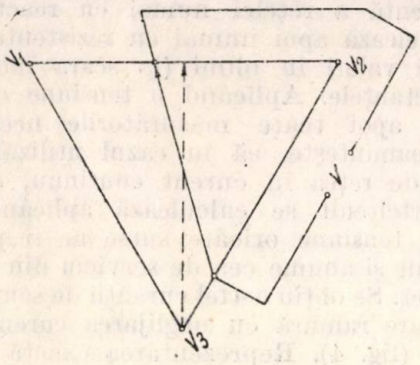


Fig. 1. Diagrama transformatorului special.

torul V ce se sprijină pe două laturi ale triunghiului își păstrează valoarea în mărime, dar poate căpăta orice defazare față de o tensiune arbitrară, luată ca tensiune de referință. Pentru reglarea tensiunii în mărime se utilizează autotransformatori monofazați cu prize, așezați în trei etaje, după sistemul decadic, așa cum se poate urmări în fig. 2.

2. Un număr de rezistențe, inductanțe și capacități construite în sistemul decadic. Aceste elemente servesc la reprezentarea liniilor, transformatorilor și sarcinei.

3. Aparate de măsură pentru determinarea directă a curenților, tensiunilor și puterilor în orice punct al rețelei.

4. Un grup electrogen, compus dintr'un motor și un generator cu unda perfect sinusoidală și tensiunea perfect constantă, indiferent de starea rețelei de alimentare (rețeaua orașului).

Acest model funcționează în curent alternativ monofazat, având o frecvență egală cu cea industrială (50 Hz). Se construesc și modele de rețea funcționând cu o frecvență mai înaltă de exemplu 500 Hz, care prezintă avantajul utilizării unor inductanțe și capacități mai mici.

Reprezentarea sistemelor trifazate pe model se face în cazul sistemelor perfect echilibrate pentru o singură fază. Sistemele de rețele trifazate sunt reprezentate în regim desechilibrat printr'o combinație a celor trei rețele: directă, inversă și homopolară.

Diversele rețele sunt reprezentate pe model la o scară convenabilă, z pentru impedanțe, v pentru tensiuni, i pentru curenți și s pentru puterile active și reactive. Intre aceste mărimi există relațiile:

$$i = \frac{v}{z}\,; \quad s = \frac{v^2}{3z}$$

Modelul de rețea în curent alternativ permite studierea rapidă a următoarelor probleme:

a) pentru regimul permanent: reglarea tensiunii în rețelele buclate, repartiția sarcinilor în rețelele interconectate, circulația puterilor reactive etc;

b) curenți de scurtcircuit: monofazat, bifazat, trifazat;

c) punerea la pământ a neutrului în unul sau mai multe puncte;

d) stabilitatea în regim de avarie. Cu ajutorul modelului se determină rapid impedanțele proprii și reciproce pentru fiecare punct al metodei „pas cu pas" cât și puterile debitate de generatori la începutul fiecărui interval de timp (fig. 2).

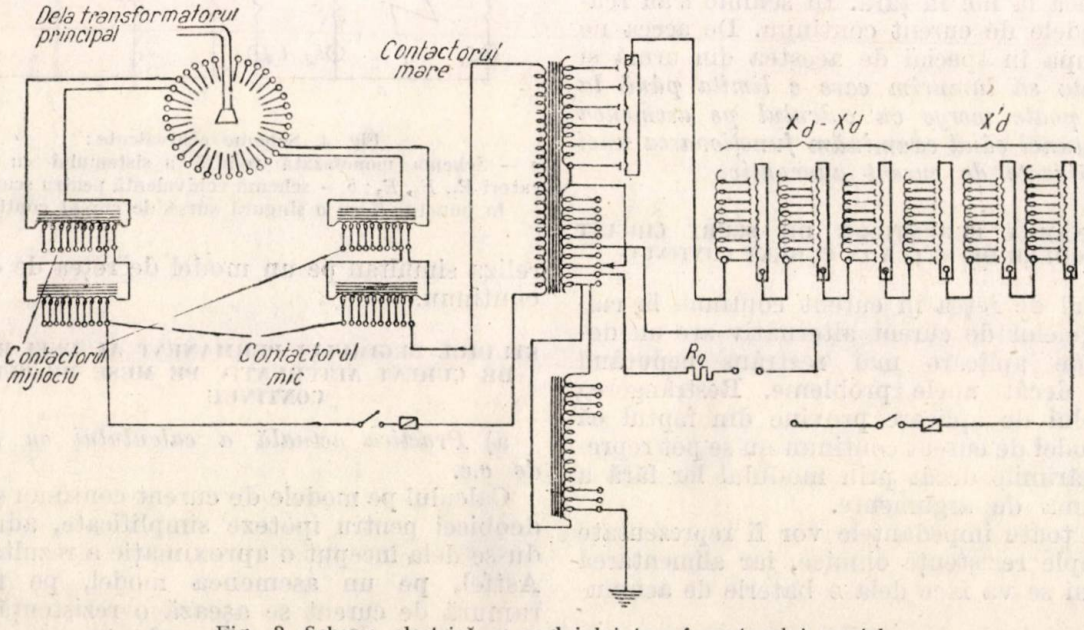


Fig. 2. Schema electrică a reglajului transformatorului special.

Un exemplu de asamblare a unei scheme pe model este indicat în fig. 3 (*a* și *b*) în care liniile au fost reprezentate prin simple reactanțe și s'a făcut presupunerea că toate punctele de alimentare $A, B, C, D,$ au tensiuni egale și

corespund în fază. Acest lucru permite să se lege la toate punctele care reprezintă punctele de alimentare, o bară comună de tensiune, executată ca şi cea de nul cu o secţiune sufi-

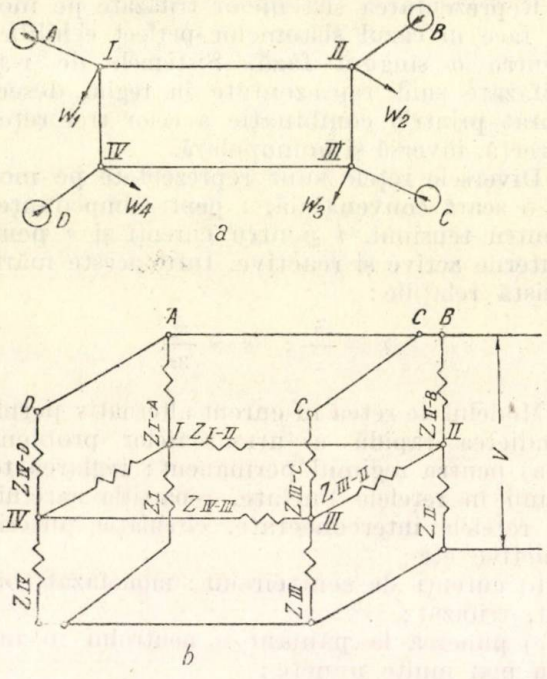


Fig. 3. Modelarea unei reţele cu 4 puncte de alimentare având tensiunile egale şi în fază.

cient de mare, pentru a nu introduce căderi de tensiune ce nu pot fi neglijate.

Asemenea modele de curent alternativ nu există încă la noi în ţară. In schimb s'au realizat modele de curent continuu. De aceea ne vom ocupa în special de acestea din urmă şi *vom căuta să lămurim care e limita până la care se poate merge cu calculul pe asemenea modele atunci când examinăm funcţionarea unei reţele trifazate de curent alternativ.*

DETERMINAREA CURENŢILOR DE SCURT CIRCUIT PE MODELE DE REŢEA IN CURENT CONTINUU

Modelul de reţea în curent continuu la calculul reţelelor de curent alternativ are un domeniu de aplicare mai restrâns neputând rezolva decât unele probleme. Restrângerea domeniului de aplicare provine din faptul că pe un model de curent continuu nu se pot reprezenta mărimile decât prin modulul lor fără a ţine seama de argumente.

Astfel toate impedanţele vor fi reprezentate prin simple rezistenţe ohmice, iar alimentarea modelului se va face dela o baterie de acumulatori.

In studiul de faţă am încercat să analizăm în ce măsură făcând unele calcule suplimentare cu ajutorul unor diagrame simple se poate extinde domeniul de aplicare al modelului de curent continuu, atât la calculul curenţilor de scurt circuit cât şi mai ales la studiul regimului de funcţionare.

La calculul curenţilor de scurt circuit, problema este simplă, deoarece în mod obişnuit aceste calcule se fac ţinându-se seama numai de reactanţele reţelei. Se stabileşte schema echivalentă a reţelei numai cu reactanţe şi se modelează apoi numai cu rezistenţe având aceleaşi valori în ohmi (la scara modelului) cu reactanţele. Aplicând o tensiune continuă se fac apoi toate măsurătorile necesare.

Se reaminteşte, că în cazul utilizării unui model de reţea în curent continuu, curentul de scurtcircuit se calculează aplicându-se o singură tensiune oricâte surse ar fi prezente în circuit şi anume cea de serviciu din punctul de defect. Se obţin astfel curenţii de scurtcircuit pe fiecare ramură cu neglijarea curenţilor de sarcină (fig. 4). Reprezentarea exactă în care se introduce fiecare generator cu tensiunea şi faza lui aflându-se astfel curenţii rezultanţi (cei de scurtcircuit plus cei de sarcină), nu poate fi făcută pe un model de curent continuu.

In concluzie se pot rezolva toate calculele de scurt circuit obişnuite (valorile maxime) necesare dimensionării întrerupătorilor şi aparatajului, dar se rezolvă mai greu calculele necesare studiului protecţiei prin relee la care este necesar să se ia în considerare valoarea minimă a scurtcircuitelor, precum şi defazajul dintre tensiuni şi curenţi în punctele unde lucrează releul.

In multe dintre aceste cazuri, este necesar să se introducă şi rezistenţele circuitelor alături de reactanţele acestora ceeace nu se poate

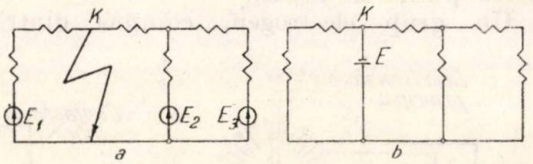


Fig. 4. Scheme echivalente :
a — Schema monofazată redusă a sistemului cu 3 generatori E_1, E_2, E_3 ; *b* — schema echivalentă pentru scurtcircuit în punctul K cu o singură sursă de curent continuu.

reliza simultan pe un model de reţea de curent continuu.

STUDIUL REGIMULUI PERMANENT AL UNEI REŢELE DE CURENT ALTERNATIV PE MESE DE CURENT CONTINUU

a) *Practica actuală a calculului cu modele de c.c.*

Calculul pe modele de curent continuu se face deobicei pentru ipoteze simplificate, admiţându-se dela început o aproximaţie a rezultatelor. Astfel, pe un asemenea model, pe fiecare ramură de curent se aşează o rezistenţă echivalentă (în ohmi) cu impedanţa corespunzătoare căderii longitudinale de tensiune (căderea de tensiune transversală se neglijează), care este egală cu :

$$V = I\,(R\cos\varphi + X\,\sin\varphi) \qquad (1)$$

X fiind reactanţa circuitului, iar R rezistenţa lui.

Se presupune că pe toate ramurile curentul circulă cu același factor de putere (0,8 de exemplu) și se calibrează rezistențele corespunzătoare la o valoare echivalentă cu a expresiei:

$$R \cos \varphi + X \sin \varphi.$$

Asemenea modele sunt utilizate în special pentru analiza rețelelor buclate de cabluri, unde componenta transversală a tensiunii este mică sub factorul de putere curent pentru situațiile normale și deci se neglijează; modelul reproduce cu suficientă aproximație repartiția curenților pe diversele ramuri.

La calculul unor rețele de interconexiune de înaltă tensiune cu linii lungi și cu factor de putere bun, asemenea scheme echivalente dau rezultate aproximative; în plus argumentul diverselor tensiuni nu poate fi obținut pentru punctele importante ale sistemului.

Practica curentă se oprește aci în calculul rețelelor de curent alternativ, pe modele de curent continuu.

b) *Analiza posibilităților de a introduce componenta transversală a căderii de tensiune.*

Se reamintește că principala dificultate de reproducere a unei rețele de curent alternativ pe un model în curent continuu, constă în imposibilitatea reprezentării argumentelor diverselor tensiuni și impedanțe.

Fie de studiat o rețea de 110 kV, având schema redusă din fig. 5.

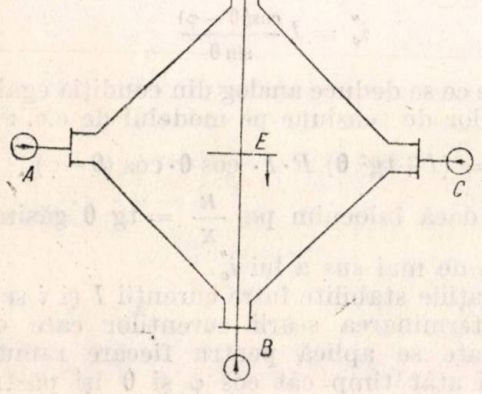


Fig. 5. Schema redusă a unei rețele de înaltă tensiune.

După cum s'a arătat pentru realizarea schemei monofazate a sistemului (fig. 5) este necesar să se aplice în punctele unde sunt uzine (A, B și C) pe figură, tensiuni având modulul și argumentul diferit și să se poată reproduce cel puțin influența reactanțelor și a rezistențelor (reprezentând liniile prin circuite în π echivalent capacitățile pot fi trecute pe bare).

Abordarea acestei probleme va fi făcută în două etape admițându-se la început unele ipoteze simplificatoare:

1) linii cu impedanțe de același argument.

Să considerăm ipoteza că toate liniile de legătură între punctele A,B,C,D,E, sunt linii de aceeași secțiune și de acelaș tip.

In acest caz argumentul impedanțelor respective este același pentru toate circuitele.

Descompunând tensiunile alternative la fiecare din barele A, B, C, D, E, după două direcții perpendiculare, ele pot fi reprezentate prin expresii de forma:

$$\overline{V}_A = V_1 + jV_2; \quad \overline{V}_B = V_3 + jV_4; \text{ etc.}$$

în care tensiunile V_1, V_3, V_5 etc. sunt toate în fază între ele, tensiunile V_2, V_4, V_6 etc. deasemenea, dar decalate cu 90^0 față de primele.

Să presupunem că pe modelul de curent continuu se vor aplica odată tensiunile V_1, V_3, V_5 etc. iar a doua oară tensiunile V_2, V_4, V_6 etc.

Se măsoară 2 serii de curenți I_1, I_2, I_3 etc și I'_1, I'_2, I'_3 etc.

Tensiunile aplicate V_1, V_3, V_5 etc. și V_2, V_4, V_6 etc. sunt componentele tensiunilor reale din noduri.

Trebue găsită acum legătura dintre curenții I_1, I_2, I_3 etc. și mărimile reale ale curenților din rețea în curent alternativ.

Dacă se ține seama de faptul că liniile s'au presupus a fi identice și deci că toate au raportul $\frac{X}{R} = k = \operatorname{tg} \theta$ atunci din principiul suprapunerii efectelor rezultă:

$$\overline{I}_{AB} = \frac{V_1 - V_3}{R_1 + jkR_1} + j\frac{V_2 - V_4}{R_1 + jkR_1} =$$

$$= R_1 \frac{V_1 - V_3}{R_1^2 + k^2R_1^2} - jkR_1 \frac{V_1 - V_3}{R_1^2 + k^2R_1^2} +$$

$$+ jR_1 \frac{V_2 - V_4}{R_1^2 + k^2R_1^2} + kR_1 \frac{V_2 - V_4}{R_1^2 + kR_1^2} =$$

$$= \frac{V_1 - V_3}{(1 + k^2)R_1} + k\frac{V_2 - V_4}{(1 + k^2)R_1} +$$

$$+ j\frac{V_2 - V_4}{(1 + k^2)R_1} - jk\frac{V_1 - V_3}{(1 + k^2)R_1}. \qquad (2)$$

Dacă pe masa de calcul de curent continuu căreia i se aplică o serie de tensiuni continui proporționale cu V_1, V_3, V_5 și V_2, V_4 și V_6 se reprezintă diversele reactanțe prin $(1+k^2)R_1$, $(1+k^2)R_2$ etc. (la scara modelului de curent continuu), atunci:

$$\frac{V_1 - V_3}{(1 + k^2)R_1} = I_1; \quad \frac{V_2 - V_4}{(1 + k^2)R_1} = I'_1. \qquad (3)$$

unde I_1 și I'_1 sunt valorile măsurate în curent continuu.

Rezultă:

$$\overline{I}_{AB} = I_1 + kI'_1 + j(I'_1 - kI_1) \qquad (4)$$

Relația (4) reprezintă deci curentul real I_{AB} pe ramura respectivă a rețelei în funcție de cei doi curenți I și I' măsurați pe modelul de curent continuu.

Dacă se face ipoteza că toți curenții din rețea au un anumit unghiu față de tensiunile V_1, V_3, V_5 etc. (toate în fază), atunci în relația (4) trebue să existe întotdeauna un raport constant între partea reală și cea imaginară a părții din dreapta și anume :

$$\frac{I_1' - kI_1}{I_1 + kI_1'} = \operatorname{tg}\ \varphi$$

ceeace conduce la :

$$\frac{I_1}{I_1'} = \frac{1 - k \operatorname{tg} \varphi}{k + \operatorname{tg} \varphi} = C \qquad (5)$$

sau :

$$I_1 = CI_1'$$

Din relația (5) rezultă *că în cazul unei rețele care are toate liniile cu același argument (același k) în care ar circula curenți care ar avea toți aceeași defazare față de una din tensiunile aplicate, este suficient a se face numai o singură determinare a unuia din cei doi curenți I_1 sau I_1' pe modelul de curent continuu.*

Rezultă dar că și raportul dintre căderile de tensiune pe cele două direcții este constant. Dacă se notează $k = \operatorname{tg} \theta$ în care θ este unghiul constant al impedanțelor, atunci :

$$C = \frac{1 - \operatorname{tg} \theta . \operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \theta + \operatorname{tg} \varphi} = \frac{1}{\operatorname{tg} (\theta + \varphi)} \qquad (7)$$

în care $(\theta + \varphi)$ este unghiul constant al căderii de tensiune față de vectorul care s'a ales ca origină.

Dacă se calculează valoarea lui I_{AB}, deci curentul real în funcție de curentul continuu I_1, se găsește :

$$\overline{I}_{AB} = I_1 \left\{1 + \operatorname{tg} . \theta . \operatorname{tg} (\theta + \varphi) + j \left[\operatorname{tg} (\theta + \varphi) - \operatorname{tg} \theta\right]\right\}$$

Modulul curentului I_{AB} va fi :

$$I_{AB} = I_1 \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 (\theta + \varphi) . (1 + \operatorname{tg}^2 \theta)}$$

$$I_{AB} = \frac{I_1}{\cos \theta . \cos (\theta + \varphi)} . \qquad (8)$$

In rezumat, *dacă se consideră o rețea de curent alternativ, formată din impedanțe cu același argument și prin care circulă un curent alternativ cu o defazare constantă față de o tensiune luată ca origină de fază* (în exemplul considerat tensiunile V_1, V_3, V_5 etc.) *atunci rezultă următoarele relații simple între diversele mărimi din rețeaua de curent alternativ și mărimile ce rezultă pe un model* de curent continuu pe care se execută o singură măsurăroare (tabela 1)

Tabela 1 a fost întocmită luându-se ca origină de fază una din tensiunile V_1 ale unui nod al rețelei, care nu va avea deci componentă transversală pentru tensiuni ; unghiul φ s'a luat negativ, adică pentru un decalaj al curentului în urma tensiunii ; rezistența fiecărui element al liniei a fost luată egală cu $(1 + \operatorname{tg}^2 \theta)\ R$.

Din tabela 1 se vede că făcând să circule curenții corespunzători curenților reali I, pe fiecare ramură se pot obține tensiunile în curent alternativ, în fiecare nod al rețelei reale din măsurarea tensiunilor V_1, V_3, V_5 etc. ce rezultă.

* * *

Dacă elementele modelului nu se construesc la scara respectivă egale cu $(1 + \operatorname{tg}^2 \theta)\ R$, ci se iau egale chiar cu R, atunci singura schimbare ce intervine pentru a păstra aceeași scară a tensiunilor este relativă la scara curenților între care există relația :

$$i_c' = I \frac{\cos (\theta - \varphi)}{\cos \theta} . \qquad (9)$$

In adevăr în cazul acestei schimbări de scară pe masa de curent continuu pentru a avea aceleași căderi de tensiune ca înainte trebue să introducem un alt curent i_c' astfel ca :

$$i_c' \times R = (1 + \operatorname{tg}^2 \theta) R\, I \cdot \cos \theta \cdot \cos (\theta - \varphi). \qquad (10)$$

Relația de mai sus conduce la valoarea lui i_c' arătată. Scara tensiunilor nu se schimbă.

Dacă modelul se construește cu reactanțele $(L\omega = X)$ fiecărei ramuri la scara aleasă, atunci analog se schimbă scara curenților și anume :

$$i_c'' = I \frac{\cos (\theta - \varphi)}{\sin \theta} \qquad (11)$$

relație ce se deduce analog din condiția egalității căderilor de tensiune pe modelul de c.c. :

$$X i_c'' = (I + \operatorname{tg}^2 \theta)\ R \cdot I \cdot \cos \theta \cdot \cos (\theta - \varphi) \qquad (12)$$

unde dacă înlocuim pe $\frac{R}{X} = \operatorname{tg} \theta$ găsim expresia de mai sus a lui i_c''.

Relațiile stabilite între curenții I și i servesc la determinarea scării curenților care odată calculate se aplică pentru fiecare ramură a rețelei atât timp cât cos φ și θ își păstrează aceeași valoare pe fiecare ramură.

Acestea ar fi limitele până la care se pot face măsurători pe un model de rețea de curent continuu.

Tabela 1

Mărime	Curent alternativ valori reale	Curent continuu valori la scară
Tensiunea origină	V_1 $(V_2 = 0)$	V_1
Diferențele de tensiuni în fază cu V_1 în diverse puncte	$V_3 - V_1$; $V_5 - V_1$; etc.	$V_3 - V_1$; $V_5 - V_1$;
Tensiunile în fază cu V_1 în diverse puncte ale sistemului	V_3 ; V_5 ; V_7 etc.	V_3 ; V_5 ; V_7 ; $(V_3 - V_5) \operatorname{tg} (\theta - \varphi)$
Diferențe de tensiuni în quadratură cu V_1 (vezi și paragraful 4)	V_4 ; V_6 ; etc.	$(V_5 - V_1) \operatorname{tg} (\theta - \varphi)$ etc.
Impedanța respectiv rezistența	$\sqrt{R^2 + L^2\omega^2}$	$(1 + \operatorname{tg}^2 \theta)\ R$
Curentul	I	$I_1 = i_c = I \cos \theta \cos (\theta - \varphi)$

Când diferitele ramuri ale rețelei nu mai sunt de același tip $\left(\frac{X}{R} = K\right)$ iar cos φ este deasemenea diferit, atunci scările curenților pe fiecare ramură trebue calculate separat. Imbinând măsurătorile făcute pe modelul de rețea cu unele calcule ajutătoare făcute pe bază de grafice s'ar putea extinde utilizarea modelului de rețea în curent continuu și pentru studiul cazului general în care intervin linii de diferite tipuri și consumatori cu diferiți factori de putere după cum vom arăta mai jos.

CALCULUL LINIILOR DE DIFERITE TIPURI CU CONSUMATORI CU DIFERIȚI FACTORI DE PUTERE PE MESE DE CURENT CONTINUU

Fie V_1 tensiunea din nodul A ales ca origine de fază, componenta ei transversală fiind $V_2 = 0$. In punctul B (fig. 6) cele două componente ale tensiunii vor fi V_3 și V_4. Se presupune că atât energia activă cât și energia reactivă

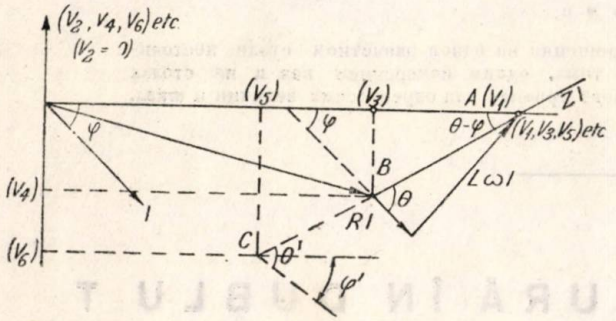


Fig. 6. Determinarea tensiunilor în diverse puncte ale rețelei cunoscând tensiunile aplicate V_1, V_3, V_5, V_7.

inductivă circulă dela punctul A către B. Dacă se construesc grafic căderile de tensiune între cele două puncte A și B pentru un unghiu φ al curentului față de V_1 și un unghiu θ al impedanței $\left(\text{tg}\,\theta = \frac{L\omega}{R}\right)$ atunci rezultă aceeași relație ca cea din tabela 1:

$$V_4 = (V_3 - V_1)\,\text{tg}\,(\theta - \varphi) \qquad (13)$$

Analog pentru cele două componente ale tensiunii din alt punct C (V_5, V_6) legat direct la punctul B (V_3, V_4) se poate scrie:

$$V_4 - V_6 = (V_3 - V_5)\,\text{tg}\,(\theta' - \varphi')\cdot \qquad (14)$$

Dacă se urmărește examinarea situațiilor posibile pentru diverse unghiuri φ ale curentului, dar pentru un același unghiu θ al impedanțelor, se poate construi un grafic pentru situații de funcționare cu diverși factori de putere. Acest grafic este de fapt o familie de drepte ce trec prin punctul A, toate pentru același unghiu al impedanței, dar unghiuri diferite pentru curenți. Pe fiecare dreaptă se notează scara curenților așa cum rezultă din relațiile (8), (9) sau (11) după caz (fig. 7).

Pe acest grafic scara celor două tensiuni longitudinale și transversale este aceeași.

Pe grafic se citește deci scara curentului continuu corespunzător fiecărei ramuri după unghiul respectiv al curentului real. Făcând să circule prin ramurile modelului curenții

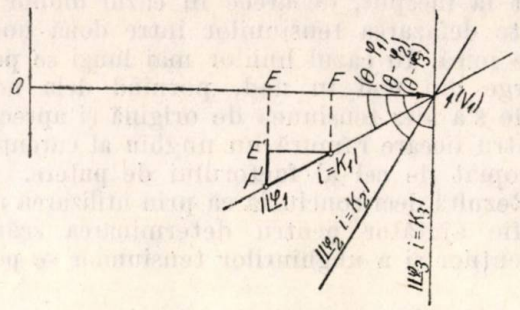


Fig. 7. Grafic pentru o linie de oțel-aluminiu Z θ.

respectivi calculați la scară, se citesc pe model tensiunile longitudinale V_3, V_5, V_7 etc. iar după grafic se obțin și componentele transversale (segmentul E'F' pe graficul din fig. 7).

Dacă într'o rețea sunt mai multe tipuri de impedanțe cu unghiuri diferite se construesc grafice similare pentru fiecare tip de impedanță (fig. 8). *Dreptele cu unghiuri diferite ce apar pe grafic se construesc odată pentru totdeauna pentru diversele tipuri de linii electrice ce există în rețeaua respectivă și pentru o variație largă a unghiului curentului.* La determinarea scării curentului continuu, se poate îngloba în grafic și scara modelului pentru a simplifica operațiile manipulanților. Astfel în fig. 8, se reprezintă 3 tipuri de linii (θ_1; θ_2; θ_3). Pe diversele drepte corespunde în dreptul fiecărui tip de linie un anumit unghi φ al curentului și scara respectivă dată de coeficienții K_1, K_2, K_3; K_1', K_2', K_3'; etc.

Trebue deasemenea observat că pe grafic, defazarea curentului este considerată față de

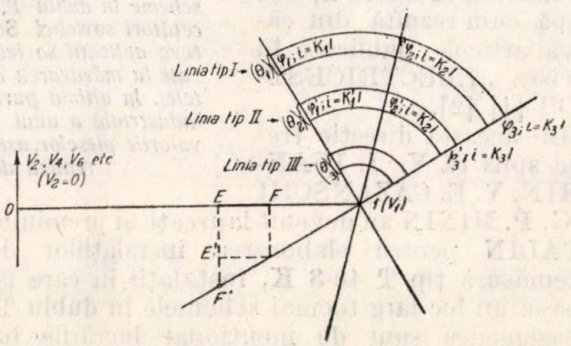


Fig. 8. Grafic ajutător pentru linii de diverse tipuri, funcționând cu factori de putere variabili pe diverse linii.

tensiunea V_1 a unui nod luat ca origine, acest unghiu fiind puțin diferit de cel al factorului de putere pe ramura respectivă. Această aproximație nu este deloc supărătoare întrucât după efectuarea măsurătorilor și deducerea

vectorilor de tensiune în fiecare nod se poate vedea exact factorul de putere cu care s'a presupus de fapt că s'a funcționat pe fiecare ramură în parte. In cazurile obișnuite acest factor de putere nu poate fi mult diferit de cel luat la început, deoarece în cazul liniilor curente defazarea tensiunilor între două noduri este mică. In cazul liniilor mai lungi se poate merge din nod în nod, pornind dela nodul unde s'a ales tensiunea de origină și apreciind pentru ficcare ramură un unghiu al curentului apropiat de cel al factorului de putere.

Rezultă deci concluzia că prin utilizarea unui grafic ajutător pentru determinarea scărilor curenților și a unghiurilor tensiunilor se poate reproduce pe un model de curent continuu orice circulație de puteri active și reactive pe fiecare ramură în parte, chiar dacă rețeaua are impedanțe cu argumente diferite.

Graficele ajutătoare se pot construi odată pentru totdeauna cu toate tipurile de linii existente în rețele ce trebue analizate. O încercare de a aplica această metodă pentru analiza rețelelor trifazate de curent alternativ a fost făcută de inginerii H. Albert și A. Bensimon, pe un model de curent continuu. Lăsăm pe cei ce vor câștiga oarecare experiență în determinarea pe această cale a regimurilor de funcționare să arate dificultățile sau beneficiile la care conduce metoda propusă aci.

★

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ОБРАЗЦАХ.
ВОЗМОЖНОСТИ РАСЧЕТНЫХ СТОЛОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Р е з ю м е

В статье дается оригинальный метод разрешения на одном расчетном столе постоянного тока также и вопросов сетей переменного тока, одним измерением как и на столах переменного тока, с применением вспомогательного графика для определения величин и шкал.

LEFORDITVA
688 hm 1/54

CIRCUITE DE MĂSURĂ ÎN DUBLU T

Prof. Ing. Edm. NICOLAU

Se face pe scurt teoria generală a circuitelor de măsură în dublu T și se arată principalele avantaje și limitări ale metodei. Se analizează apoi câteva tipuri reprezentative de astfel de circuite care se utilizează în tehnica măsurilor în înaltă și joasă frecvență. In partea a doua a articolului se prezintă analiza unor scheme în dublu T, analize efectuate de cercetători sovietici. Se prezintă deasemenea câteva aplicații sovietice ale schemelor analizate la măsurarea automată a frecvenței rețelei. In ultima parte se descrie o realizare industrială a unui circuit dublu T, se dau valorile pieselor, astfel încât aparatul se poate realiza de cei interesați.

In articolul de față ne propunem a prezenta câteva din realizările științei și tehnicei sovietice în domeniul utilizării circuitelor de măsură în dublu T, așa după cum rezultă din câteva articole publicate în revista „ELECTRICESTVO" [1] [2].

In această direcție trebue spus că V. I. IVANCHIN, V. E. CAZANSCHI și G. P. MININ au devenit laureați ai premiului STALIN pentru elaborarea instalațiilor de telemăsură tip T 40-3 K, instalații în care își găsesc un loc larg tocmai schemele în dublu T. Deasemenea sunt de menționat lucrările lui V. E. CAZANSCHI, care împreună cu L. D. STERNINSON au făcut să înainteze analiza schemelor de măsură în dublu T.

Cum la noi în țară aceste circuite de măsură sunt puțin cunoscute, înainte de a prezenta lucrările sovietice am socotit necesar a prezenta teoria generală a circuitelor de măsură în dublu T, prezentând tipurile reprezentative și proprietățile lor. Ca material de bază s'a utilizat în acest scop și lucrarea lui B. P. ASEEV: „Bazele radiotehnicii" (cap. III, paragraful 4 și 5).

A. PRINCIPIUL DE FUNCȚIONARE AL CIRCUITELOR DE MĂSURĂ IN DUBLU T

Principala dificultate care apare la punțile de măsură este faptul că cele două diagonale — diagonala de sursă și diagonala detector sunt în mod obligator la potențiale diferite. Aceasta atrage după sine imposibilitatea de a utiliza nemijlocit la punte o sursă și un detector de nul, având ambele câte un punct pus la masă, așa cum este cazul în practică.

Aceasta deoarece în acest caz unul din brațele punții este scurtcircuitat, deci puntea respectivă nu mai poate fi niciodată adusă la echilibru.

Cum toate aparatele din practică — atât surse, cât și detectori — au un pol pus la masă, rezultă că pentru a putea utiliza punți de măsură de tip obișnuit trebue să se ia precauțiuni speciale. Așa cum am arătat într'un articol anterior [3], o cale pentru a ieși din

impas constă în utilizarea transformatorilor ecranați. Introducerea acestor transformatori este însă complicată, necesitând în acelaș timp luarea unor precauțiuni speciale de a compensa puntea.

O altă cale pe care a mers tehnica, a fost căutarea unor circuite de măsură care să aibă

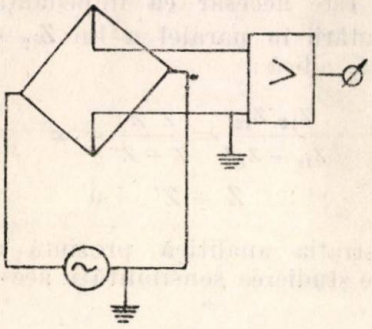


Fig. 1. Punte la care generatorul și detectorul au câte un punct la masă.

aceleași calități ca și punțile, adică să poată fi aduse la „echilibru" în anumite condiții, dar în același timp să nu mai prezinte principalul dezavantaj al acestora, atât detectorul cât și sursa având un punct comun la masă. Circuitele de acest fel sunt circuitele de măsură în dublu T, care constau din alăturarea în paralel a doi cuadripoli în T (fig. 2 și 3).

Dacă impedanțele acestor cuadripoli satisfac unei anumite condiții, atunci tensiunea la ieșirea cuadripolului este nulă și se spune că circuitul este în echilibru.

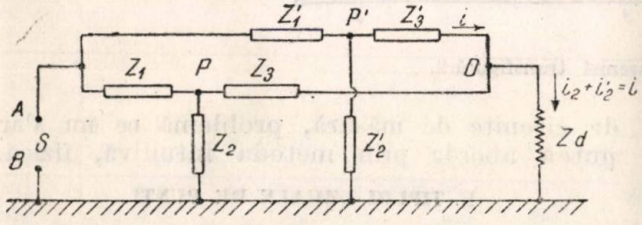


Fig. 2. Schema generală a circuitelor de măsură în dublu T.

Acest sistem de circuite permite în același timp încă o serie de avantaje (fig. 3):

a) impedanța Z_3 și Z'_3 au deasemenea, în mod automat, un punct pus la masă;

b) nicio impedanță dispusă în paralel pe sursă sau detector nu modifică situația de echilibru (acest lucru va fi demonstrat riguros ulterior, dar poate fi acceptat de pe acum din considerente fizice evidente), rezultă că acea parte a impedanțelor parazite ale impedanțelor Z_1, Z'_1, Z_2 și Z'_2, care vin dispuse în paralel cu sursa și generatorul, nu perturbă echilibrul. Deci aceste impedanțe se vor dispune cu borna de masă înspre punctele 1 și 2;

c) acea parte a impedanțelor parazite ale lui Z_1, Z'_1, Z_2 și Z'_2, care vine în paralel pe Z_3 și Z'_3, poate fi inclusă în etalonarea acestor impedanțe.

1. *Stabilirea condiției de echilibru* se poate face pe mai multe căi. Vom arăta mai întâi o cale directă, fizică; ulterior vom arăta o cale analitică, abstractă.

Fie cuadripolul din figura 3, în care s'a notat cu Z_d impedanța detectorului, iar cu Z_s impedanța internă a sursei.

Să considerăm deasemenea că circuitul e în echilibru, adică $V_{22'} = 0$. In acest caz, tocmai deoarece $V_d = V_{22'} = 0$, scurtcircuitarea lui Z_d nu modifică cu nimic situația, deoarece între două puncte ce se află la același potențial, nu circulă nici un curent — deci în cazul de față $I_d = 0$ și legea lui Ohm

$$V_d = Z_d I_d$$

este satisfăcută în aceste condiții ($V_d = 0$, $I_d = 0$) oricare ar fi valoarea primită a lui Z_d, deci cu atât mai mult în cazul când $Z_d = 0$.

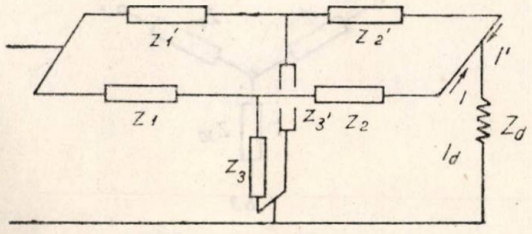


Fig. 3. Figura la calcularea condiției de echilibru a circuitelor în dublu T.

Se determină în această situație valoarea lui I (fig. 4) ținând seama de scurtcircuitarea lui Z_d. Un calcul simplu arată că

$$I = \frac{Z_3}{Z_2 + Z_3} I_1$$

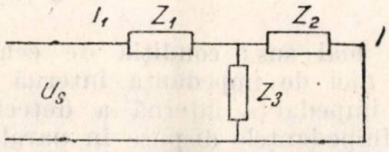


Fig. 4. Figură auxiliară pentru demonstrarea condiției de echilibru.

$$I_1 = \frac{V_s}{Z_1 + \frac{Z_2 Z_3}{Z_2 + Z_3}}$$

de unde

$$I = \frac{V_s}{Z_1 + Z_2 + \frac{Z_1 Z_2}{Z_3}}$$

sau

$$I = \frac{V_s}{Z}$$

unde s'a notat

$$Z = Z_1 + Z_2 + \frac{Z_1 Z_2}{Z_3}$$

Aceste impedanțe care leagă curentul I de tensiunea aplicată V_s, se numește impedanța de transfer.

In mod analog, pentru cel de al doilea cuadripol, se calculează :

$$I' = \frac{U_s}{Z'}$$

unde

$$Z' = Z_1' + Z_2' + \frac{Z_1' Z_2'}{Z_3'}$$

Dar curentul prin detector este suma acestor doi curenți :

$$I_d = I + I'$$

deci cum

$$I_d = 0,$$

rezultă imediat condiția de echilibru a circuitelor în dublu T :

$$Z + Z' = 0$$

Din această demonstrație rezultă clar cele

Aplicând această teoremă circuitului de măsură în dublu T, e clar că se obține schema echivalentă din figura 6 și apare limpede ca :

$$Z = Z_{12} = Z_1 + Z_2 + \frac{Z_1 Z_2}{Z_3}$$

Este clar deasemenea că pentru a obține echilibru, este necesar ca impedanța echivalentă montării în paralel a lui Z_{12} și Z_{12}' să fie infinită, adică :

$$\frac{Z_{12}\, Z_{12}'}{Z_{12} + Z_{12}'} = \frac{Z\, Z'}{Z + Z'} = \infty$$

de unde

$$Z + Z' = 0$$

Demonstrația analitică prezintă avantajul că permite studierea sensibilității acestor tipuri

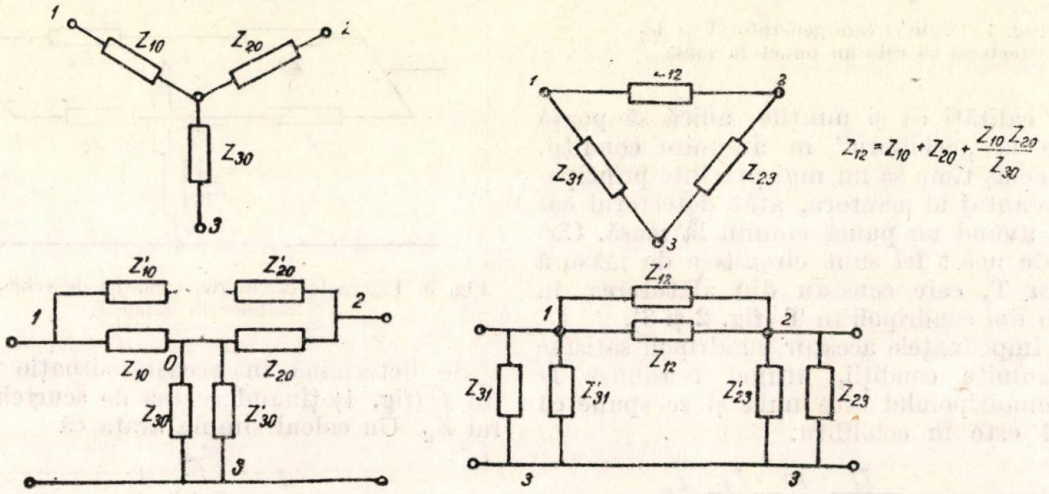


Fig. 5. Aplicarea teoremei transfigurării.

afirmate mai sus : condiția de echilibru nu depinde nici de impedanța internă a sursei, nici de impedanța internă a detectorului și nici de impedanțele dispuse în paralel pe ele.

In tabela 1 se dă o listă a impedanțelor de transfer corespunzând principalelor tipuri de cuadripoli în T, utilizați în practică. Se observă din această tabelă că în unele cazuri partea reală a impedanței de transfer este negativă. Tocmai aceasta este explicația pentru care cele două celule în T, puse în paralel, dau un cuadripol la care există posibilitatea obținerii echilibrului.

2. *Demonstrația analitică a condiției de echilibru* se bazează pe teorema transfigurării, care spune că fiind date trei noduri ale unei rețele : 1, 2, 3 (fig. 5), între care există impedanțele Z_{01}, Z_{02}, Z_{03}, dispuse în stea, înlocuind aceste impedanțe prin impedanțele Z_{12}, Z_{23}, Z_{31}, dispuse în triunghiu și legate de primele prin relații de tipul :

$$Z_{12} = Z_{01} + Z_{02} + \frac{Z_{01}\, Z_{02}}{Z_{03}}$$

nimic nu se schimbă în restul relației.

de circuite de măsură, problemă ce nu s'ar putea aborda prin metoda intuitivă, fizică.

B. TIPURI UZUALE DE PUNȚI

1. *Circuit pentru măsurarea inductorilor ce nu au nicio bornă la masă.* Circuitul se vede în figura 6. Aplicând relațiile din tabela 1, rezultă imediat următoarele condiții de echilibru :

$$L_x = \frac{1}{\omega^2 C}\left(2 + \frac{\gamma}{C}\right)$$

$$R_x = \frac{1}{R\,\omega^2 C^2}$$

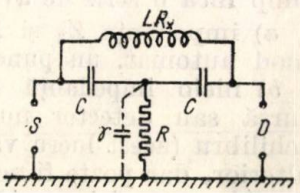
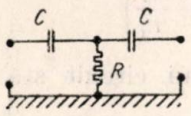
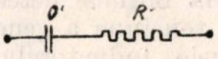
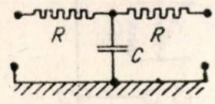
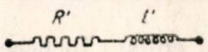
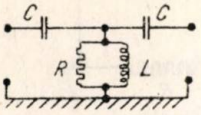
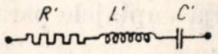
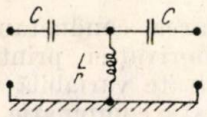
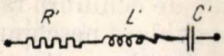
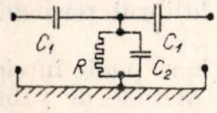
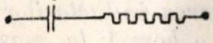
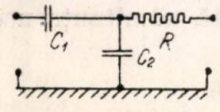
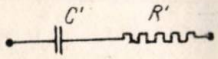
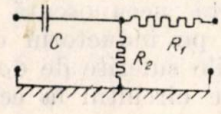
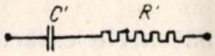
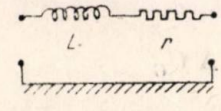
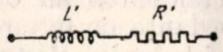
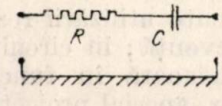
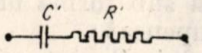
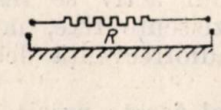
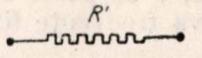


Fig. 6. Circuit pentru măsurarea inductorilor ce nu au nici o bornă la masă.

unde γ este capacitatea parazită a rezistenții R. Este clar că valoarea lui R_x nu este afectată de prezența lui γ, care intervine numai în determinarea lui L_x. Dacă circuitul este montat permanent, se poate etalona direct cadranul capacității variabile în valorile inductanței de măsurat și aceasta, înglobând în etalonare corecția adusă de existența capacității parazite γ.

LISTA IMPEDANŢELOR DE TRANSFER PENTRU PRINCIPALELE CIRCUITE IN T

Circuitul în T	Impedanţa de transfer Z'	Schema echivalentă	Valorile elementelor din schema echivalentă
	$Z' = \frac{2}{j\omega C} - \frac{1}{\omega^2 C^2 R}$		$C' = \frac{C}{2}$ $R' = -\frac{\varepsilon 1}{\omega^2 C^2 R}$
	$Z' = 2R + j\omega C R$		$L' = C R$ $R' = 2R$
	$Z' = \frac{2}{j\omega C} - \frac{1}{\omega^2 C^2 R} + \frac{j}{\omega^3 C^2 L}$		$C' = \frac{C}{2}$ $L' = \frac{1}{\omega^4 C^2 L}$ $R' = -\frac{1}{\omega^2 C^2 R}$
	$Z' = \frac{2}{j\omega C} + \frac{1}{\omega^2 C^2}\frac{j\omega L}{R^2+\omega^2 L^2} - \frac{1}{\omega^2 C^2}\frac{R}{R^2+\omega^2 L^2}$		$C' = \frac{C}{2}$ $L' = \frac{1}{\omega^2 C^2}\frac{L}{R^2+\omega^2 L^2}$ $R' = -\frac{1}{\omega^2 C^2}\frac{R}{R^2+\omega^2 L^2}$
	$Z' = \frac{2}{j\omega C_1} + \frac{C_2}{j\omega C_1^2} - \frac{1}{\omega^2 C_1^2 R}$		$C' = \frac{C_1^2}{2C_1 + C_2}$ $R' = -\frac{1}{\omega^2 C_1^2 R}$
	$Z' = \frac{1}{j\omega C_1} + R + \frac{C_2}{C_1} R$		$C' = C_1$ $R' = R\left(1 + \frac{C_2}{C_1}\right)$
	$Z' = \frac{1}{j\omega C} + R_1 + \frac{R_1}{j\omega C R_2}$		$C' = \frac{C R_2}{R_2 + R_1}$ $R' = R_1$
	$Z' = j\omega L + R$		$L' = L$ $R' = R$
	$Z' = R + \frac{1}{j\omega C}$		$C' = C$ $R' = R$
	$Z' = R$		$R' = R$

(Etalonarea e valabilă numai pentru o frecvență fixă).

Proprietățile acestui circuit sunt:

— impedanțele parazite pe care le prezintă inductorul de măsurat față de masă, sunt dispuse în paralel pe sursă și pe detector, deci nu intervin în condițiile de echilibru;

— la echilibru, tensiunea la bornele detectorului e nulă, deci întreaga tensiune a generatorului se aplică la bornele inductorului. Aceasta permite a efectua măsurarea inductanțelor sub o tensiune cunoscută;

— pentru o frecvență de lucru fixă cadranul capacității variabile se poate etalona direct în valorile lui L;

— o dificultate a montajului constă în necesitatea utilizării unei rezistențe R, de mare valoare, variabilă și etalonată în înaltă frecvență;

— circuitul oferind o impedanță de intrare mare, e necesar a evita cu grijă cuplajele parazite dintre sursă și detector.

O observație importantă constă însă în posibilitatea utilizării acestui circuit pentru măsurarea inductorilor cu fier presaturat. Condițiile de echilibru rămân evident neschimbate, cu observația că L_x este inductanța incrementală a inductorului respectiv.

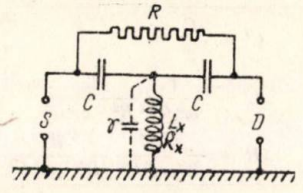


Fig. 7. Circuit pentru măsurarea inductorilor ce au o bornă la masă.

2. *Circuit pentru măsurarea inductorilor ce au o bornă la masă.*

Montajul se vede în figura 7, iar condițiile de echilibru dau:

$$L_x = \frac{1}{\omega^2 (2\,C + \gamma)}$$

$$R_x = \frac{R}{\left(1 + \frac{\gamma}{2\,C}\right)^2}$$

Circuitul prezintă deci următoarele caracteristici:

— capacitatea parazită γ intervine în expresia lui L_x, dar se poate ține seama de ea, odată pentru totdeauna în etalonarea lui C;

— în jurul rezonanței, impedanța de intrare a circuitului este mică, astfel încât efectul capacităților parazite este mai mic decât montajul precedent;

— rezistența reglabilă R este de valoare mai mică și poate fi realizată sub forma unui potențiometru cu bobinaj compensat;

— din cauză că expresia lui R_x intervine raportul γ/C, care variază cu frecvența, nu se poate realiza un aparat care să dea pe R_x prin citire directă. Din contră, C se poate etalona astfel încât pentru câteva frecvențe fixe, să se citească direct L_x.

3. *Circuit de măsură în dublu T destinat măsurărilor de substituție.*

Schema se vede în figura 8. Utilizând tabela 1, condițiile de echilibru ale circuitului se scriu:

$$1 = L\left(2\,C + \frac{C^2}{C_1} + C_B\right)\omega^2$$

$$G = R\,C^2\,\omega^2\left(1 + \frac{C_B}{C_1}\right)$$

Marea importanță a acestui circuit stă în

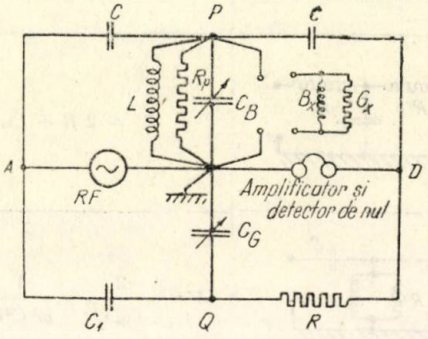


Fig. 8. Circuit de măsură în dublu T pentru măsuri de substituție.

faptul că permite compensarea conductanței de pierderi a circuitului derivației printr'o rezistență fixă R și o capacitate variabilă C_G având un pol la masă. Această combinație de elemente de circuit se bucură deci de proprietatea importantă că echilibrul termenilor reactivi este independent de echilibrul termenilor reali.

Bazați pe această observație se poate înțelege utilizarea acestui montaj în metode de substituție. Circuitul adoptă atunci forma din fig. 11. Se realizează mai întâi echilibrul circuitului singur, fără a avea conectată admitanța necunoscută de măsurat

$$Y = G + j\,B$$

Se determină valorile lui C_G și C_B cu care se obține echilibrul. Admitanța necunoscută se conectează apoi în paralel pe inductorul din circuit și se observă variațiile suferite de două capacități pentru a readuce circuitul la echilibru. Subsistă relațiile:

$$B_x = \omega\,\Delta\,C_B$$

$$G_x = R\,\frac{C^2}{C^1}\,\omega^2\Delta\,C_G$$

Circuitul prezintă o serie de avantaje și anume:

— se elimină erorile inerente utilizării rezistorilor variabili în radiofrecvență; în circuitul de față admitanțele se măsoară în funcție de capacitori variabili cu aer, special proiectați pentru a avea erori cât mai mici;

— compensarea termenului activ se realizează cu ajutorul unei rezistențe fixe, mult mai ușor de realizat în radiofrecvență decât o rezistență variabilă;

— se poate obține un nul foarte precis.

4. *Circuit selectiv RC.* Schema circuitului se vede în figura 9. Condițiile de echilibru sunt :

$$R_2^2\, C_2\, C_1\, \omega^2 = 2$$

$$2\, R_1\, R_2\, C_1^2\, \omega^2 = 1$$

Acest circuit prezintă interes ca circuit selectiv în audiofrecvență și este uneori utilizat în oscilatorii electronici ca circuit ce comandă frecvența de oscilare.

Acest circuit a fost studiat în amănunțime de către savanții sovietici, care l-au utilizat în numeroase aplicații tehnice deosebit de importante, care sunt analizate pe scurt în cele ce urmează.

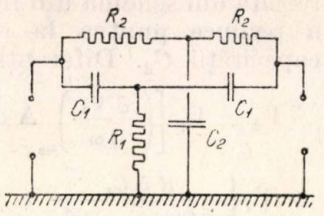


Fig. 9. Circuit selectiv RC în dublu T.

C. REALIZĂRI SOVIETICE

Circuitul în dublu T descris la B, 4 a găsit utilizări importante în tehnica sovietică la măsurarea frecvențelor generatorilor electrici. In acest sens sunt de menționat lucrările laureaților Premiului Stalin : V. I. IVANCHIN, V. E. CAZANSCHI și S. P. MININ care au elaborat instalațiile de telemăsură tip T 40 -3 K. Deasemenea școala sovietică a elaborat o analiză adâncă a circuitelor de măsură în dublu T.

Fie circuitul din figura 10. Cum în practică la ieșirea acestui cuadripol se montează un amplificator electronic ce prezintă o mare impedanță de intrare, se poate considera că el funcționează în gol. Scriind legile circuitelor, se deduce că între tensiunea V_2 dela ieșire și tensiunea V_1 dela intrare există relația :

$$V_2 = \frac{M}{N}\, V_1 \qquad (1)$$

unde $M = R_1 R_2 R_3 - R_3 X_3 (X_1 + R_2) + j [X_1 X_2 X_3 - R_3 X_3 (R_1 + R_2)]$

$N = R_1 R_2 R_3 - X_1 X_3 (R_1 + R_2 + R_3) - X_2 (X_1 R_1 + X_3 R_3) + j [X_1 X_2 X_3 - R_1 R_3 (X_1 + X_3) - R_2 (X_1 R_1 + X_3 R_3)]$

în care X_1 reprezintă reactanța capacității C_1 și este deci egală cu $1/\omega C_1$.

Condiția de nul dă evident relațiile normale :

$$R_1 R_2 - X_2 X_3 - X_3 X_1 = 0$$

$$X_1 X_2 - R_2 R_3 - R_3 R_1 = 0$$

Adoptând condițiile suplimentare uzuale

$$R_1 = R_2 = R \qquad C_1 = C_2 = C$$

și

$$R_3 = n\, R$$

adică luând o schemă simetrică, condițiile de zero dau :

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{2n}\, RC}, \qquad C_3 = 4\, n\, C.$$

La această schemă, trasând raportul V_2/V_1 în funcție de frecvență, se constată că în jurul frecvenței de rezonanță panta maximă — deci sensibilitatea maximă corespunde la valorile :

$$n = 0{,}5\,; \qquad R_3 = 0{,}5\, R\,; \qquad C_3 = 2\, C.$$

Inginerii sovietici V. E. Cazanschi și L. D. Sterninson au analizat însă un caz mai general, în care au luat :

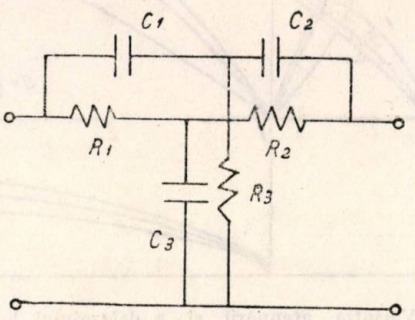


Fig. 10. Circuit dublu T selectiv, R3C.

$$R_2 = K R_1\,; \quad R_3 = n R_1\,; \quad C_2 = \frac{1}{K}\, C$$

Din condițiile de echilibru rezultă atunci :

$$\omega_0 = \frac{1}{n^{0,5} \left(\frac{K+1}{K}\right)^{0,5} R_1 C_1} \qquad C_3 = n \left(\frac{K+1}{K}\right)^2 C_1$$

Cu aceste condiții introduse în relația ce leagă pe V_2 de V_1, se constată că sensibilitatea maximă, deci maximul expresiei

$$\left(\frac{\partial V_2}{\partial \omega}\right)_{V_1 = ct}$$

se obține atunci când

$$n = \frac{K}{K+1}$$

Evident, în cazul simetric când $K = 1$, rezultă $n = 0{,}5$. Se pune însă problema de a găsi acele valori pentru K și n, care conduc la un maximum maximorum.

Introducând notațiile :

$$\frac{\omega}{\omega_0} = R_1 C_1 = a \qquad \frac{K+1}{K} = b$$

se scrie

$$V_2 = \frac{a^2 - 1}{a^2 - 1 + 2\, j\, a\, b}\, V_1$$

sau

$$\frac{|V_2|}{|V_1|} = \frac{a^2 - 1}{\sqrt{a^4 + 2\,(2\,b^2 - 1)\, a^{2+1}}}$$

$$\varphi = \text{arc tg}\, \frac{2\, ab}{a^2 - 1}$$

unde φ este defazajul celor doi vectori reprezentând tensiunile de intrare și ieșire.

Aceste mărimi $|V_2|/|V_1|$ și φ sunt reprezentate în figura 11.

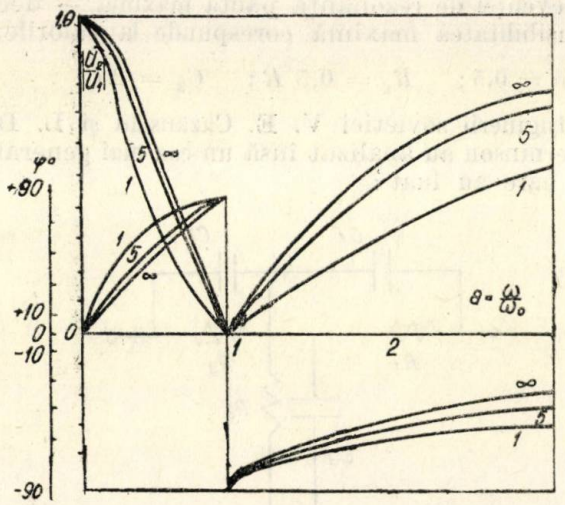


Fig. 11. Variația atenuării și a defazajului la circuitul din fig. 10.

In jurul valorilor $a = 1$ se poate scrie

$$\left(\frac{\partial V_2}{\partial \omega}\right)_{\omega=\omega_0} = j \frac{|V_1|}{\omega_0} \frac{K}{K+1}$$

In particular, dacă

$$K = 1 \qquad \frac{\partial V_2}{\partial \omega} = j \frac{|V_1|}{2\omega_0}$$

Deasemenea, pentru

$$K = \infty \qquad \frac{\partial V}{\partial \omega} \to j \frac{|V_1|}{\omega_0}$$

Aceste relații arată că circuitul de măsură în dublu T studiat aci, este de cel puțin două ori mai sensibil decât puntea Robinson Wien, la care

$$\frac{\partial V_2}{\partial \omega} = \frac{|V_1|}{4\omega_0}$$

D. CIRCUITE DE MĂSURĂ A FRECVENȚEI REALIZATE IN U.R.S.S. PE BAZA CIRCUITELOR DE MĂSURĂ IN DUBLU T

Bazați pe analiza efectuată anterior s'au realizat în U.R.S.S. diferite tipuri de circuite de măsură.

1. *Circuite de măsură a frecvenței bazat pe compensarea defazajului.* Schema de principiu se vede în figura 12 a. Aparatul se bazează pe faptul că în jurul punctului a = 1, caracteristica de fază prezintă o discontinuitate trecând dela valoarea $+\pi/2$ la valoarea $-\pi/2$. Aceste variații de fază pot fi compensate cu dispozitivul din figură, potențiometrul putând fi etalonat direct în frecvență. Pe acest principiu la ORGRES s'a realizat un frecvențmetru înregistrator automat, pentru frecvența rețelii.

2. *Circuit de măsură a frecvenței cu compensare automată.* Ideea de bază a acestui sistem rezultă din schema din figura 12, b. Aci se tinde a readuce puntea la echilibru prin variația capacității C_2. Diferențiind pe (1) se obține:

$$V_2 = V_1 \left[\left(\frac{\partial V_2}{\partial \omega}\right)_{\omega_0} \Delta\omega + \left(\frac{\partial V_2}{\partial C_2}\right)_{C_{20}} \Delta C_2\right]$$

$$= V_1 \left\{\frac{K \Delta C_2}{4 C_{20} (K+1)^2} + j\left[\frac{K(2K+1)}{4(K+1)^2} \frac{\Delta C_2}{\Delta C_{20}} - \frac{K}{K+1} \frac{\Delta\omega}{\partial\omega_0}\right]\right\}$$

Rezultă următoarele:

1. Defazajul dintre V_2 și V_1 poate fi compensat cu ajutorul lui C_2.

2. Variația ΔC_{20} a lui C_{20}, necesară readucerii circuitului la echilibru, măsoară deviația $\Delta\omega$ a frecvenței.

3. Intre aceste mărimi subzistă — la echilibru — relația:

$$\frac{\Delta C_{20}}{C_{20}} : \frac{\Delta\omega}{\omega} = \frac{4(K+1)}{2K+1}$$

Sistemul funcționează automat; la eșirea circuitului dublu T este dispus un amplificator ce debitează pe un instrument de măsură. Dacă circuitul nu este în echilibru, atunci instrumentul va acuza o anumită deviație. Mișcarea acului instrumentului este însă solidară cu variația capacității C_2, care este variată până ce sistemul vine la echilibru. Din variația ΔC_{20} rezultă $\Delta\omega$, deci capacitatea C_{20} se poate etalona direct în frecvență.

5. *Caracteristicile industriale ale circuitelor de măsură în dublu T.* Cel mai răspândit tip de circuit de măsură în dublu T care se găsește astăzi în industrie, este tipul de circuit la care se utilizează metoda de substituție. El prezintă

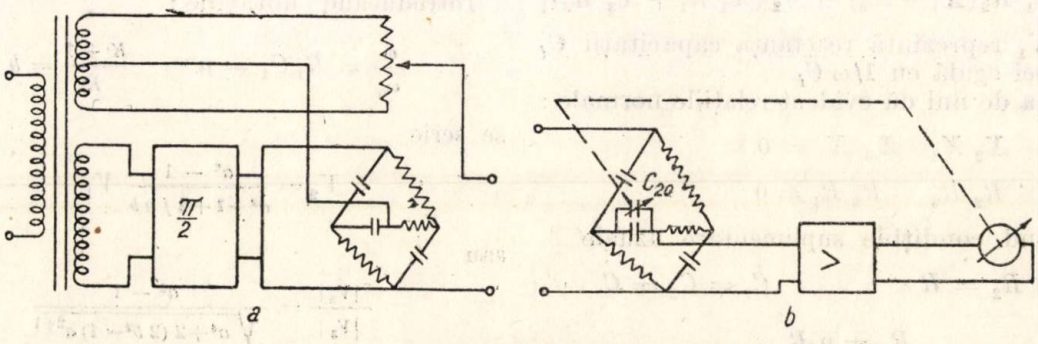


Fig. 12. Frecvențmetre utilizând circuite de măsură în dublu T.

toate avantajele arătate la (B, 3) și are următoarele caracteristice:

gama de frecvență: 0,460...40 MHz;

măsoară: susceptanțe: + 6 000 μmho la −6000

μmho. Aceasta la frecvența de 1 MHz. La alte frecvențe domeniul variază proporțional cu frecvența.

Conductanțe: aparatul este etalonat direct în μmho, pentru patru frecvențe fixe: 1, 3, 10 și 30 MHz. Intre aceste frecvențe indicațiile trebue înmulțite cu pătratul frecvenței.

Precizia: 0,1% pentru capacitanțe și 2% pentru conductanțe. Pentru frecvențele înalte trebue să se țină seama de parametrii reziduali și există tabele și grafice de corecție.

In ceeace privește valorile elementelor utilizate, credem util a le indica, deoarece montajul fiind extrem de simplu, oricine își poate realiza cu minimum de investiție un instrument foarte valoros, permițând măsurarea impedanțelor chiar și în frecvențe înalte.

Capacitorul principal C_B are o variație continuă între 100 și 1 000 pF. Ceilalți condensatori, din contră, au valori mult mai mici: C_2 variază între 10 și 30 pF; capacitățile C sunt egale, și pentru ca etalonarea scalei conductanțelor să se păstreze la cele patru frecvențe fixe, capacitățile C se comută, atunci când se trece de pe o gamă pe alta, luând respectiv valorile: 54, 31, 17 și 10 pF; C_1 are 3 pF.

Rezistența R este constituită dintr'un fir rectiliniu, prezentând 130 ohmi; inductanța sa este compensată printr'un mic capacitor dispus între bornele D și Q. Acest condensator auxiliar nu figurează pe schema principală.

Aparatul s'a dovedit a fi extrem de util în măsurile de radiofrecvență, măsurând cu ușurință impedanțe ce au un unghi de fază ce diferă cu puțin de zero, sau 90°, cum ar fi capacitorii cu pierderi mici, bobinele cu Q mare și rezistorii de radiofrecvență.

E. CONCLUZII

Circuitele în dublu T prezintă o serie de avantaje față de circuitele obișnuite în punte. Aceste avantaje se manifestă atât în audio cât și în radiofrecvență. Se pot astfel enumera următoarele caracteristice:

a) prin însăși construcția circuitului, atât sursa cât și detectorul au câte o bornă la masă, deci nu mai este necesar a lua precauții speciale, gen transformator ecranat și punte dublă Wagner;

b) tot prin construcție atât impedanța Z_2 cât și impedanța Z_2' au un punct pus la masă;

c) impedanțele Z_1 și Z_3 ca și Z_1' și Z_3' au câte o bornă la sursă, respectiv detector. Ne putem aranja astfel încât impedanțele parazite ale acestor impedanțe Z_1, Z_3, Z_1' și Z_3' să fie dispuse în paralel cu intrarea și ieșirea, situație în care ele nu intervin în condiția de echilibru;

d) impedanțele parazite ale celorlalte impedanțe din punte se pot include în anumite cazuri în însăși etalonarea circuitului;

e) circuitele în dublu T se pot utiliza împreună cu o metodă de substituție, în care caz precizia este mărită;

f) circuitele dublu T utilizate în joasă frecvență au o sensibilitate mai mare decât punțile obișnuite;

g) circuitele în dublu T se pretează foarte bine la măsurarea frecvenței rețelii.

Toate aceste calități fac ca astăzi circuitele în dublu T să cunoască o largă aplicație în tehnică, în uzină, laboratoare și exploatare. Trebue menționat în legătură cu aceasta că problema circuitelor de măsură în dublu T este o problemă relativ recentă care oferă încă un vast câmp de cercetări.

Nu putem termina acest articol fără a sublinia încă odată înaltele preocupări ale cercetătorilor sovietici, care și în problema circuitelor în dublu T au adus contribuții atât de importante, cercetări ce s'au tradus în practică prin crearea instalațiilor de măsură, prezentate sumar mai sus.

Bibliografie

[1] *Cazanschi V. E.* și *Sterninson L. D.*: Avtomaticeschii reguliator ceastotîi neprerîinovo dristria. Electricestvo Nr. 4 (1951).

[2] *Cazanschi V. E.* și *Sterninson L. D.*: Izmerenie ceastotîi posredstvom dvoinoi T — obraznoi schemîi. Electricestvo Nr. 1 (1952).

[3] *Nicolau Edm.*: Punți de măsură în radiofrecvență. Revista ASIT „Electricitatea" Nr. 11—12 (1952).

★

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ КОНТУРЫ T

Резюме

Излагается вкратце общая теория измерительных контуров I и указываются основные преимущества и ограничения метода. Анализируются несколько показательных типов контуров применяемых в технике высокочастотных и низкочастотных измерений.

Во второй части статьи приводятся анализы нескольких I схем произведенные советскими исследователями. Дается ряд применений советской техникой рассмотренных схем при автоматическом измерении сетевой частоты.

В последней части дается описание промышленного выполнения контура I, даются значения деталей. Таким образом аппарат может быть выполнен лицами которым он необходим.

FABRICAREA PLASTICURILOR DE CAUCIUC FOLOSITE LA IZOLAREA CONDUCTORILOR ŞI CABLURILOR ELECTRICE

I. BĂDICĂ, C. GHEORGHIU

Folosind documentaţia sovietică de specialitate, autorii prezintă o serie de metode practice şi date tehnice privitoare la fabricarea plasticurilor de cauciuc după procedee tehnice noi. Articolul se adresează inginerilor şi tehnicienilor din întreprinderile producătoare de plasticuri şi cabluri cât şi celor care se ocupă cu izolarea conductorilor electrici.

I. GENERALITĂŢI

Primii conductori electrici de curenţi slabi folosiţi în telegrafie au fost izolaţi cu bumbac şi hârtie.

Cablurile folosite la transportul energiei electrice se izolau cu hârtie şi sfoară de iută împregnate, care ulterior au fost înlocuite, parţial cu cauciuc.

Producţia de conductori şi cabluri electrice a luat o desvoltare mai mare după anul 1847, când s'a descoperit presa de izolat la cald (spriţpresa), folosindu-se iniţial ca material izolant gutaperca.

In urma experienţelor şi cercetărilor făcute în special în Rusia, pentru găsirea unui material izolant mai ieftin şi mai uşor de aplicat pe conductori, s'a constatat că atât cauciucul natural cât şi cel sintetic, în combinaţie cu alte materiale corespund acestor deziderate.

Astfel s'a trecut la fabricarea diferitelor reţele de plastic izolant, iar producţia de cabluri a luat o desvoltare apreciabilă mai ales după Marea Revoluţie Socialistă din Octombrie 1917, datorită aplicării cu succes a noului izolant cu cauciuc.

S'a constatat că noul izolant, după vulcanizare, prezintă numeroase calităţi tehnice ca :

— rezistenţă mecanică bună la tracţiune ;

— stabilitate la îndoiri, frecări la temperaturi nu prea înalte şi scăzute ;

— foarte bun dielectric.

II. MATERIALE CE INTRĂ IN COMPUNEREA PLASTICURILOR

La fabricarea plasticurilor izolante se folosesc materiale de bază, cum sunt cauciucul natural şi cauciucul sintetic, cât şi o serie de materiale ajutătoare, dintre care cele mai uzitate, după rolul ce îndeplinesc, sunt următoarele :

— *materiale vulcanizatoare*, sulful, seleniu, telurul, tiuramul (şi ca accelarator al vulcanizării) ;

— *materiale accelaratoare şi activatoare ale vulcanizării* : tiuramul, captaxul, D.F.G., oxidul de plumb, oxidul de zinc şi oxidul de magneziu (ultimele trei corpuri anorganice) ;

— *materiale contra îmbătrânirii (stabilizator)* : neozonul D ;

— *materiale înmuietoare* : stearina, parafina, cerezina, ozocherita, colofoniul, rubraxul, petrolatul ;

— *materiale de umplutură* : cretă măcinată, cretă precipitată, talcul (fără oxid de fier) ;

— *materiale întăritoare* : negrul de fum, caolina ;

— *coloranţi organici* : auromina, rotamina B, vulcanol roşu, vulcanol albastru.

A. MATERIALE DE BAZĂ

1. *Cauciucul natural* provine din latexul (sucul lăptos) extras din arborii ce cresc în păduri sau în plantaţii. Cele mai întinse păduri cu arbori de cauciuc se găsesc în Brazilia, iar plantaţii în Malaya, Indonezia, Birmania, Vietnam etc. Cauciucul natural este de două feluri : crepul alb şi crepul afumat.

In U.R.S.S. cauciucul natural se extrage din diferite plante, cum sunt :tau-sacâz, soc-sacâz, krim-sacâzul şi handrila.

Pentru a putea fi folosit la fabricarea plasticurilor, cauciucul natural trebue să îndeplinească următoarele condiţii :

— să fie un bun dielectric, adică să reziste la străpungeri de I.T. ;

— să aibă greutate şi rezistenţă specifică mică ;

— flexibilitate, elasticitate şi rezistenţă la rupere ;

— să aibă rezistenţă mecanică şi electrică bună sub acţiunea temperaturilor ridicate şi scăzute ;

— să aibă stabilitate la acţiunea umezelii şi uleiurilor (în cazuri speciale).

Cauciucurile naturale se păstrează în camere cu temperatură de $5^0 \ldots 15^0$ şi cu umiditate relativă până la 70%.

In acest scop se aşează 5...6 blocuri unele peste altele la distanţă de 1 m între rânduri.

2. *Cauciucul sintetic* a rezultat din nevoia de a avea un plastic cât mai bun, care nu poate fi fabricat, mai ales pentru unele scopuri speciale, numai din cauciucul natural.

Incă din anul 1904 I. L. Condacov a făcut numeroase studii pentru obţinerea cauciucului sintetic, iar profesorul Natiucov a studiat probleme referitoare la masele plastice policlorvinilice.

Intre anii 1912...1914 savantul Ostromaslenschi a făcut numeroase cercetări, pentru a găsi modalităţile de folosire practică în industrie a polimerilor clorvinilici.

In U.R. S.S., cauciucul sintetic cu bază de natriubutan se produce după metoda academicianului Lebedev.

Acesta a prezentat metoda sa la concursul din anul 1926, organizat prin hotărîrea Consiliului Popular Superior Economic.

Verificată apoi la un institut de cercetări speciale, această metodă, pe baza indicilor săi

tehnico-economici, a fost recunoscută ca metodă de bază pentru producerea cauciucului sintetic.

La baza metodei stă obținerea divinilului din alcool etilic și polimerizarea divinilului cu ajutorul natriului metalic.

Procesul obținerii divinilului este reprezentat prin reacția :

$$2C_2H_5OH \longrightarrow H_2O + H_2 + C_4H_6$$
(alcoolul etilic) (divinil)

Cauciucul sintetic se poate clasifica în două mari grupe :

— cauciuc cu polimerizare gazoasă, a cărui plasticitate este de 0,10...0,50 ;

— cauciuc cu polimerizare lichidă, cu plasticitatea între 0,41 și 0,66.

Din punct de vedere al proprietăților tehnice cauciucul sintetic de fabricație sovietică — SK — se împarte în următoarele categorii :

— SKB 30RD ;
— SKS 35RD ;
— SKR (cauciuc sintetic rafinat pe cale chimică) 40RD ;
— SKV (cauciuc sintetic rafinat la valț) 45RD.

(R — rafinat, D — dielectric, 30...45 — plasticitatea)

Alte cauciucuri sintetice sunt :

— Buna S (cauciuc sintetic german) ;
— Neoprenul (cauciuc sintetic american) ;
— Sevanitul și Nairitul (cauciucuri sintetice sovietice folosite în special pentru mantale).

Cauciucurile sintetice se produc pe cale de sinteză chimică umedă din petrol, cărbune de pământ, smoală, cartofi, etc.

Deasemenea din descompunerea alcoolului etilic la 400°...420°C, în prezența unui catalizator special, se capătă divinilul. Polimerizarea divinilului în prezența sodiului metalic (catalizator) dă SKB.

Proprietățile esențiale ale cauciucului sintetic, față de cel natural sunt următoarele :

— umflarea și disolvarea în soluții obișnuite (ulei, benzen, etc.) se face mai greu ;
— stabilitate mai mare la acțiunea acizilor și bazelor ;
— rezistență mai mare la îmbătrânire, sub influența temperaturilor ridicate și a înghețurilor ;
— în timpul prelucrării pe mașini nu-și schimbă plasticitatea ;
— are stabilitate mai mare în raport cu îmbătrânirea sub acțiunea oxigenului, ozonului, razelor ultra-violete, etc.

In ceeace privește Buna S, acest cauciuc sintetic prezintă următoarele caracteristici tehnice față de cauciucul natural :

— rezistență mai bună la îmbătrânire și frecare ;
— stabilitate bună la umezeală ;
— contractare în timpul vălțuirii ;
— crapă ușor la flexionarea conductorilor ;
— se fărămițează în timpul prelucrării pe valțuri cu temperatură mare.

Pentru o prelucrare ușoară pe valț, se cere în prealabil o tratare termică (depolimerizare) în cuptoare a cauciucului Buna S, unde este introdus tăiat sub formă de fășii subțiri (macaroane).

Păstrarea și întreținerea cauciucului sintetic se face în aceleași condiții ca și a cauciucului natural.

Buna S se păstrează deobicei în sacii în care a fost ambalat.

B. MATERIALE AJUTĂTOARE

a) *Materiale vulcanizatoare.*

1. *Sulful* (pucioasa) se obține fie prin măcinarea urmată de o cernere fină a sulfului curat fie prin topire și vaporizare a acestuia. In cazul topirii aburii formați se depun pe pereții unei camere reci, sub formă de floare de sulf (cristale).

Dozajul de sulf variază între 1,5...3% la cantitatea de 100% cauciuc natural.

Condițiile tehnice ce trebue să îndeplinească sulful folosit la plasticurile pentru izolarea cablurilor electrice sunt :

— sulf curat 99,5% ;
— umiditatea maximă 0,2% ;
— cenușă maximum 0,05% ;
— acizi 0,2% ;
— punctul de topire 110...113°C ;
— Se cerne cu sita Nr. 80, 1024 găuri/cm² ;
— resturi după cernere 0,05%.

2. *Seleniul și Telurul* au o întrebuințare mai rară decât sulful.

b) *Materialele acceleratoare* grăbesc procesul vulcanizării, micșorează dozajul agentului vulcanizator și scurtează timpul de vulcanizare, mărind astfel productivitatea autoclavei de vulcanizare.

Aceste materiale trebue să aibă următoarele caracteristici :

— temperatură critică înaltă (minimum 125°C) ;
— bun platou de vulcanizare (durata vulcanizării sub care cauciucul nu-și micșorează proprietățile mecanice) ;
— să nu fie toxice ;
— să nu producă contractare ;
— să nu micșoreze stabilitatea cauciucului la căldură.

1. Tiuramul (tetrametiltiuramdisulfit) :
— accelerator organic ;
— temperatură de topire, 140°C ;
— cenușă maximum 0,3% ;
— umiditate maximă 0,5% ;
— resturi după cernere cu sita Nr. 80 maximum 0,15%.

Tiuramul folosit la plasticurile pentru izolarea cablurilor nu trebue să conțină fier mai mult de 0,008%.

Tiuramul în combinație cu captaxul produce o bună vulcanizare, ceeace permite folosirea sârmei necositorite.

2. *Captaxul* (accelerator organic) :
— temperatura de topire, 132°C ;

— dozajul 0,6...1,5% la plasticurile cu tiuram;
— rezistență bună la îmbătrânire.
3. *D.F.G.* (difenilguanidin):
— praf alb;
— temperatura de topire 143...145°C;
— anticontractant;
— mic platou de vulcanizare și nu rezistă suficient la îmbătrânire, din care cauză se întrebuințează mai rar.

c) *Materiale contra îmbătrânirii*:

1. *Neozonul D* (fenil-beta-naftilamin) este un foarte bun antiîmbătrânitor cât și stabilizator.
2. *Aldolul* (alfanaftilamin) se întrebuințează mai rar.

Aceste materiale introduse în proporție de 1...5% nu influențează cu nimic calitățile dielectrice ale plasticului.

Condițiile tehnice de îndeplinit sunt:
— umiditate maximă 0,3%;
— cenușă maximum 0,4%;
— fier în combinație maximum 0,008%.

d) *Materialele înmuietoare și întăritoare* trebue să îndeplinească calitățile și condițiile tehnice conform stasurilor în vigoare.

Pentru parafină se recomandă ca, înainte de a fi introdusă în amestec, să fie topită și apoi filtrată prin sita Nr. 80.

e) *Materialele de umplutură* folosite frecvent sunt creta măcinată, creta chimică (precipitată) și talcul.

Creta trebue să conțină carbonat de calciu curat dela 99,3...99,6%, nisip nu mai mult de 0,03%, iar umiditatea maximă 0,4%.

Talcul nu trebue să aibă fier mai mult de 0,04...0,08%, iar umiditatea maximă 0,5%.

f) *Coloranții organici* sunt singurii indicați a se folosi în fabricarea plasticurilor pentru cabluri.

Condițiile ce trebue îndeplinite sunt:
— să nu-și piardă culoarea pe timpul vulcanizării;
— să nu se disolve în apă;
— plasticurile de culori diferite, venite în contact, să nu-și piardă culoarea proprie;
— să nu influențeze asupra proprietăților plasticului.

III. PREGĂTIREA MATERIALELOR PENTRU FABRICAREA PLASTICURILOR

1. Blocurile de cauciuc natural se introduc în camere speciale, cu temperatură de 50...60°C, unde se țin 48 de ore iarna și 2...3 ore vara, pentru înmuiere.

Se recomandă ca primul strat, de obicei murdar, să fie scos după care cauciucul se taie în bucăți de 1...3 kg cu mașini speciale (ghilotină).

Stratul murdar se spală cu apă caldă, cu ajutorul unei perii de sârmă de oțel, și se poate folosi la fabricarea plasticurilor pentru mantale, sau la plasticuri izolante ce nu cer calități superioare.

Cauciucul sintetic, ambalat în saci, se despachetează, se curăță cu o perie, se taie în bucăți mici, care sunt depozitate în camere cu rafturi.

2. Ingredientele ce se folosesc la fabricarea plasticurilor, înainte de a fi introduse în fabricație, se recepționează de Serviciul Control și numai în baza avizului favorabil sunt trecute în producție. Acest aviz se dă în urma buletinului de analiză a laboratorului, pentru care s'a luat din fiecare sac cu ingrediente cantitatea de 20...50 grame.

Creta, talcul, caolina și ingredientele cu umiditate mai mare de 0,5% se usucă într'un vacum sau pe plite electrice, în șarje de maximum 200 kg, cu o presiune minimă de 2 at. Durata uscării este în medie de 3 ore.

După uscare, ingredientele se cern cu sita Nr. 80—100 (1024—1600 ochiuri/cm²). In timpul cernerii se face un control preventiv, punându-se într'o sită rotundă, cu același număr de ochiuri, o cantitate mică din materialul respectiv sub o presiune de apă. Se controlează cu mâna și dacă se constată corpuri străine, nisip, pietriș, etc materialul se trece din nou la cernut.

In ceeace privește negrul de fum, se depozitează în camere uscate, aparate de celelalte ingrediente.

Se cerne cu sita Nr. 60 (576 ochiuri/cm²).

Oxidul de zinc și sulfatul se cern cu sita Nr. 100.

Tiuramul și captaxul se cern într'o cameră separată, cu o sită circulară Nr. 80.

Neozonul se transportă în butoaie de placaj și se cerne cu sita Nr. 100.

Ingredientele astfel pregătite și verificate din nou de Controlul Tehnic sunt transportate în cărucioare sau lăzi metalice închise la raionul de cântărire, unde se alcătuiesc șarjele conform rețetelor stabilite.

Inainte de începerea cântăririi se curăță și se verifică funcționarea cântarelor, prezența și calitatea greutăților. Cântărirea și manipularea materialelor se face numai cu o lopată specială.

Pentru cântărire se folosesc cutii de tablă de următoarele dimensiuni:
— pentru cauciuc: 400/700/500;
— pentru acceleratori, vulcanizatori și antiîmbătrânitori: 150/150/150;
— pentru restul ingredientelor 200/250/200.

Ingredientele cântărite se toarnă în cutia în care se găsește cauciucul, cu excepția sulfului, tiuramului și captaxului, care se pun în cutie deasupra, împachetate separat.

La intervale de 3...4 zile, Serviciul Control este obligat să verifice cântărirea justă.

La cântărire se admit următoarele toleranțe:
— la cauciuc 200 grame;
— la grupa vulcanizatori și accelaratori ± 30 grame;
—La restul ingredientelor (talc, cretă, caolină) ± 500 grame.

IV. PROCESUL DE FABRICAȚIE AL PLASTICURILOR

Șarjele cu amestecul pentru plasticuri se frământă pe valțuri și malaxoare închise ermetic.

Valțurile se clasifică în 3 grupe:

— pentru frământarea amestecurilor de plastic cu lungimea de 1,50 mm, diametrul între 500 și 600 mm, viteza de 30 mm pe minut și fricțiunea de cel puțin 1 : 1,1;

— pentru laminarea plasticului după malaxare, cu diametrul valțurilor între 500 și 600 mm;

— pentru încălzirea plasticului folosite la izolarea la cald (spriț mașina) au lungimea de circa 1 m, diametrul de 350...400 mm și turație mare.

Malaxoarele au, în general o productivitate triplă față de valțuri. Ele sunt de diferite tipuri, de exemplu Nr. 9 cu un volum al camerei de frământare de 188 l, în care se pot malaxa 125...145 Kg plastic și Nr. 11 cu un volum de 253 l, în care se pot malaxa 160...200 Kg plastic.

Malaxoarele dau un plastic de mai bună calitate, datorită faptului că frământarea asigură o omogenitate superioară celei date de valțuri. Deasemenea malaxoarele oferă condiții de lucru mai avantajoase pentru muncitori, față de valțuri.

V. PROCESUL DE FABRICAȚIE PE VALȚURI

Inițial cilindrii valțului se strâng până la refuz, după care se depărtează cu 1/4 de turație. Se introduce cauciucul pe la capetele cilindrilor, trecându-l de două ori printre valțuri.

Se mărește apoi distanța între cilindri la 4...6 mm, se introduce din nou cauciucul, care se frământă timp de 8 minute, pentru înmuiere. Se mărește din nou distanța între cilindri, astfel că deasupra cilindrului să rămână o cantitate oarecare de cauciuc. Se introduc treptat materialele de umplutură împreună cu înmuietoarele și antiîmbătrânitorul, frământându-le pe valțuri împreună cu cauciucul, până când toate ingredientele sunt absorbite. Operațiunea durează 12...15 minute.

Se introduc apoi materialele vulcanizatoare și acceleratoare și se frământă până când sunt absorbite.

Plasticul rezultat se taie dela capetele cilindrilor se adună la centru și se continuă frământarea timp de 2...3 minute pentru obținerea omogenizării plasticului.

Plasticul se face rulou și se introduce perpendicular pe valț, de 2...3 ori, tot pentru omogenizare. Se aduc apoi cilindrii în poziția 0 (distanța minimă) și se trece din nou plasticul prin valț, controlându-se astfel prezența eventuală a corpurilor străine vizibile. Se mărește apoi distanța între cilindri la 4...8 mm, plasticul trăgându-se în plăci, care se pudrează și se depun în rafturi pentru răcire și odihnire timp de cel puțin 24 ore. Fiecare șarjă se etichetează cu data, felul plasticului și numele lucrătorului.

Concomitent, din fiecare fel de plastic se iau probe de 16 mm grosime (prin îndoirea plăcii), care se trimite expres laboratorului, unde se presează pentru a se face corp comun, se taie cu o mașină specială 3 bucăți în formă de cilindru cu diametrul de 16 mm și înălțimea de 10 mm. Formele se presează într'un plastometru introdus în termostat cu o temperatură de 70°C, unde se țin 3 minute. Apoi formele se scot, se răcesc 15 minute și se măsoară dimensiunile cu micrometrul, determinându-se prin calcul plasticitatea.

$$P = \frac{h_0 - h_2}{h_0 + h_1}$$

unde P este plasticitatea; h_1 înălțimea la scoaterea din plastometru; h_0 — înălțimea inițială a modelului; h_2 = înălțimea după cele 15 minute de răcire.

Din fiecare fel de plastic se mai iau probe pentru încercările mecanice și electrice care se trimit la laborator, unde pe valțuri speciale se trag în foi de 1,5...2 mm pentru încercările electrice și 2...3 mm pentru încercările mecanice.

Aceste probe se vulcanizează la regim normal și apoi pe aparatele Schopper se fac încercările mecanice înainte și după îmbătrânire, cât și încercările electrice referitoare la rezistență, străpungere în ulei, pierderi dielectrice și capacitate.

PROCESUL DE FABRICAȚIE PE MALAXOARE (BENBERI)

Intâi se introduce în camera de malaxare cauciucul natural și cel sintetic, dela 3 șarje deodată, și se frământă timp de 4...6 minute. Apoi se introduce 1/3 din ingrediente, cu excepția vulcanizatorilor. Se amestecă din nou 1...2 minute, după care se introduc succesiv și celelalte 2/3 din ingrediente, cu toate înmuietoarele și se frământă câte 1...2 minute, după fiecare încărcătură.

Se introduce și grupa vulcanizatorilor, în proporție de 1/1 cu cretă, se amestecă 1 minut după care se face descărcarea întregului amestec, timp de 1 minut, pe banda rulantă, care îl transportă la valțul de tras în foi și întocmit în suluri, ce se depun în stive.

Unele plasticuri cu rol deosebit de izolator nu primesc vulcanizatorii la malaxor.

Aceste plasticuri ce au fost malaxate și făcute suluri pe valț, se filtrează într'o mașină specială (Streiner) și se scot sub formă de macaroane.

Macaroanele sunt trecute la valțul de tras foi, când se introduce și vulcanizatorul.

La frământarea cauciucului în camera de malaxare este admisă o temperatură de maximum 60°C și se recomandă ca temperatura la terminarea frământării plasticului să fie de 110°C. Aceste temperaturi se mențin printr'un sistem de răcire cu apă a malaxorului.

Din cauza temperaturii ridicate ce se produce în camera de frământare, sulful nu se

introduce în amestec ci se va adăuga pe valțurile care încălzesc plasticul înainte de a fi trecut la presele calde (spriţpresa).

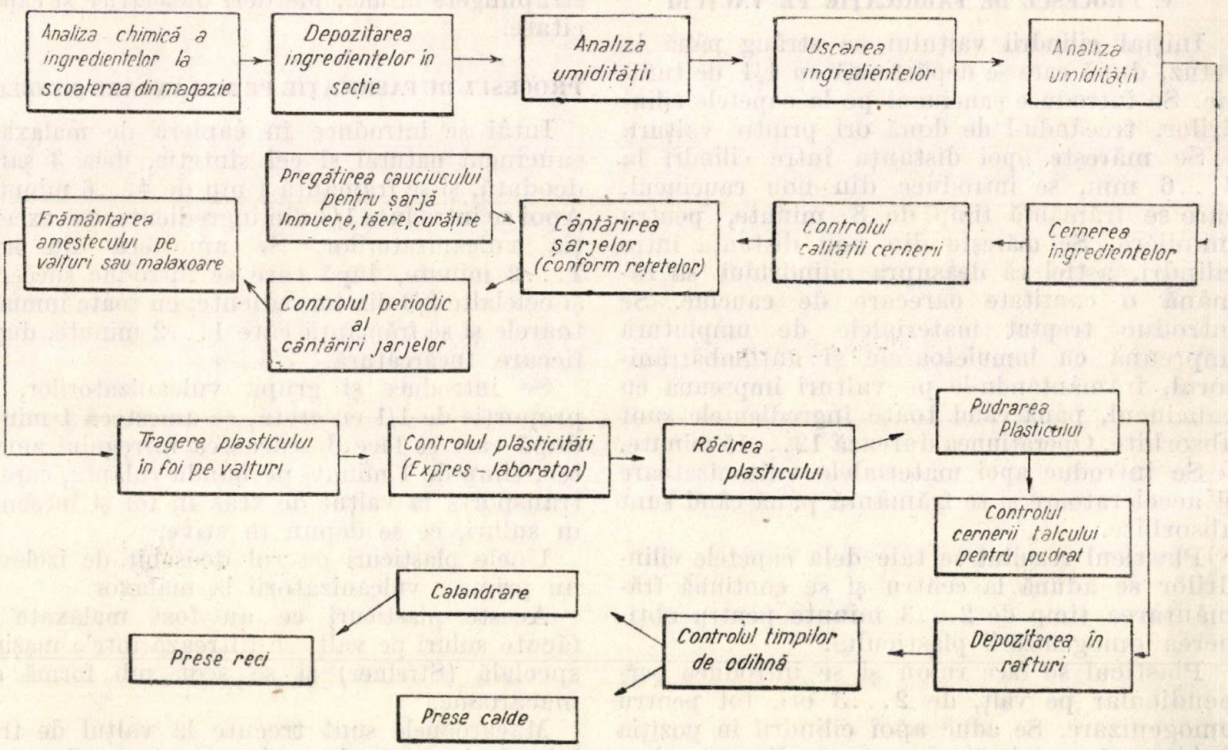
Plasticurile frământate în malaxoare sunt supuse acelorași probe specificate la frământarea pe valțuri.

La minimum 24 ore dela obținerea plasticului (pe valțuri sau în malaxoare) acesta este trecut la calandrare (laminare), unde mai întâi se încălzește pe valț, se trage în suluri și pe o bandă rulantă este adus la alimentarea calandrului.

Calandrul se reglează la dimensiunea necesară, foile de plastic se trec printr'un dispozitiv de răcire, prin altul de pudrare și cu ajutorul unei benzi rulante la un dispozitiv de înrolare, ce se găsește într'o cameră aflată la un nivel inferior fundației calandrului.

In cazul când, după calandrare, plasticul nu se folosește imediat, este recomandabil ca înrolarea plasticului să se facă într'o pânză tehnică de lățimea plasticului, spre a se evita lipirea straturilor de plastic.

Pe tot timpul calandrării, șeful echipei va



prezintă găuri, provenite, sau dintr'o malaxare insuficientă sau din cauza corpurilor străine sfărâmate în timpul laminării (nisip, pietriș fin, etc).

Pe timpul calandrării, temperaturile cilindrilor sunt următoarele:

— pentru plasticul preparat numai cu cauciuc natural 60°, 65° și 70°C;

— pentru plasticul preparat cu cauciuc sintetic (SK)70°, 65°, 50°C.

Tăierea plasticurilor în role după calandrare, se face pe mașini speciale, montate în camera de primire a plasticului în suluri. La fiecare rolă se controlează lățimea și grosimea benzii, se aplică ștampila Serv. Control pe care se trec aceste date, după care sunt transportate la mașinile de izolat la rece (longitudinale).

In figura 1 se dă o schemă generală de fabricație a plasticurilor, pentru o mai ușoară înțelegere a procesului tehnologic.

In acest articol am căutat să arătăm o serie de date tehnice și metode practice care servesc la fabricarea plasticurilor de cauciuc după procedee tehnice cât mai noi, rezultate

tăia șuvițe mici din ambele margini și va controla cu micrometrul cu talpa grosimea plasticului, făcând eventuale reglări la cilindrii calandrului. Deasemenea va aprinde periodic becul electric ce se află sub pânza de plastic și va controla astfel dacă nu cumva plasticul

din studiul documentației sovietice, respective și a învățămintelor căpătate pe timpul practicii făcute în U.R.S.S. de către unul din autori.

Articolul are în general un caracter didactic, tocmai spre a fi cât mai folositor meșterilor, tehnicienilor și chiar inginerilor din între-

prinderile care se ocupă cu fabricarea plasticurilor de cauciuc şi izolarea conductorilor electrici la rece sau cald.

Unele procedee de fabricaţie, arătate în articol, pot fi folosite şi de către întreprinderile care folosesc cauciucul pentru alte scopuri (obiecte de uz casnic, jucării de cauciuc, etc.).

Bibliografie

[1] *Constantinov M. V.*: Tehnologia fabricaţiei conductorilor şi cablurilor cu izolaţie de cauciuc.
[2] *Glazunov G. I.*: Tehnologia generală a cauciucului.

★

ПРОИЗВОДСТВО РЕЗИНОВЫХ ПЛАСТИКАТОВ ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ

Резюме

Используя советскую техническую документацию, авторы предлагают ряд практических методов и технических данных в связи с производством резиновых пластикатов по современным техническим способам.

Статья предназначена для инженерно-технических работников предприятий вынускающих пластикаты и кабели, а также для лиц занятых изолированием электропроводов.

DIN EXPERIENŢA UNIUNII SOVIETICE

TELECOMUNICAŢII TELEFONICE DE ÎNALTĂ FRECVENŢĂ PE LINII DE TRANSPORT DE ENERGIE ELECTRICĂ [1)]

Candidat în ştiinţe tehnice I. C. BOBROVSCAIA, candidat în ştiinţe tehnice I. L. BÂHOVSCHI, candidat în ştiinţe tehnice C. P. EGOROV, Ing. B. S. CLEBANOV, Ing. V. S. MEDVEDEV, Ing. N. G. MIACOCINA

Se examinează datele echipamentului EPO-1, destinat pentru organizarea căilor telefonice de înaltă frecvenţă pe linii de transport de energie electrică. Metoda de transmisie a unei singure benzi laterale şi o serie de alte perfecţionări utilizate în sistem, permit să se mărească considerabil lungimea comunicaţiilor de înaltă frecvenţă, siguranţa lor şi gradul de folosire al liniilor de înaltă tensiune pentru scopuri telefonice.

Introducere. In anul 1922, acad. A. A. Cernăşev a realizat o legătură telefonică de înaltă frecvenţă pe linia de transport de energie electrică de 110 kV Caşira — Moscova. Mai târziu, mulţumită lucrărilor întreprinse de V. A. Diacov, A. M. Crugliacov, V. I. Ivanov, M. N. Pantin şi alţi savanţi şi ingineri sovietici, acest gen de comunicaţii a devenit cel mai important mijloc pentru dirijarea prin dispecer a sistemelor energetice.

Cea mai mare răspândire au căpătat-o sistemele sovietice de tip D P K, care funcţionează cu metoda transmisiei pe linie a curenţilor de frecvenţă purtătoare şi a celor două benzi laterale, cu o putere a transmiţătorului de 5 W în regim de telefonare.

Creşterea vertiginoasă a sistemului energetic în ultima perioadă, mărirea distanţei de transmisie a energiei electrice şi necesitatea unei sporiri importante a numărului de căi, atât pentru comunicaţii telefonice, cât şi pentru telemecanică şi protecţie, au impus elaborarea de noi tipuri de sisteme cu curenţi purtători.

Lucrarea aceasta a fost începută în laboratorul de telecomunicaţii al ŢNIEL al Ministerului de Centrale Electrice, în anul 1945. Exemplare de echipamente terminale pentru căi telefonice, au fost executate de fabrica Ministerului Industriei Mijloacelor de Telecomunicaţii, în colaborare cu catedra de telefonie la mare distanţă a Institutului Electrotehnic de Telecomunicaţii BonciBruevici, cu participarea ŢNIEL. Noul sistem este denumit EPO-1 (comunicaţii pe linii de transmisie electrică, cu o singură bandă, pentru 1 cale telefonică).

Condiţiile comunicaţiilor pe linii de transport de energie electrică. Pentru telecomunicaţii pe linii de transport de energie electrică de 110 şi 220 kV, se întrebuinţează curenţi de frecvenţe dela 50 la 300 kHz. Atenuarea de diafonie între diferite linii de transmisie electrică, cu curenţi de înaltă frecvenţă, nu este mare. Pentru liniile ce pleacă dintr'o substaţie comună, dacă se conectează echipamentul pe o fază şi pământ, atenuarea de diafonie este de circa 2 neperi. Având în vedere aceasta, pentru comunicaţii pe linii diferite este necesar să se întrebuinţeze diferite benzi de frecvenţă; repetarea frecvenţei pe liniile unui sistem energetic este permisă numai în cazuri excepţionale.

Satisfacerea tuturor necesităţilor în creştere de căi telefonice, de protecţie şi de telemecanică,

[1)] Din revista Electricestvo 7 (1952).

pentru sistemele energetice, este posibilă numai în condițiile utilizării deosebit de economice a spectrului de frecvențe. Această împrejurare este deosebit de importantă pentru proiectarea comunicațiilor pe liniile de transport electric.

A doua particularitate, nu mai puțin esențială, a liniilor de transport electric în calitate de linii de telecomunicații, este nivelul deosebit de ridicat al perturbațiilor, datorite efectului Corona, descărcărilor la izolatori și diferitelor procese tranzitorii. Pe liniile de 110 kV nivelul perturbațiilor într'o bandă largă de 2,5 kHz este egal cu —4,85 N, iar pe liniile de 220 kV, ajunge —2,85 N.

Astăzi tehnica telecomunicațiilor cunoaște multe metode de modulație și detecție. Cea mai mare economie în spectrul de frecvențe, cu asigurarea totodată a unei mari stabilități în ceeace privește perturbațiile, o dă metoda prin care se transmit pe linie numai curenții uneia din benzile laterale ale modulației de amplitudine; curenții celeilalte benzi laterale și curentul purtător se suprimă în translatorii de frecvențe și în filtre. Această metodă a fost pusă la baza proiectării echipamentului EPO-1.

Comparația sistemului EPO—1 cu cele de tip DPK, A—24 și altele, funcționând cu metoda transmisiei în linie a curentului de frecvență purtătoare și celor două benzi laterale, arată că trecerea la sistemul cu o bandă laterală permite, pentru același grad de influență a perturbațiilor, să se mărească atenuarea liniei cu 1,05...1,32 N, ceeace corespunde la un câștig în puterea transmițătorului de 8...14 ori (în funcție de adâncimea modulației din sistemele vechi).

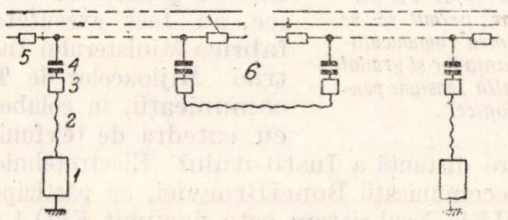


Fig. 1. Schema bloc a căii de înaltă frecvență
1-postul terminal; 2-cablul de înaltă frecvență; 3-filtrul de joncțiune; 4-condensatorul de cuplaj; 5-opritor de înaltă frecvență; 6-instalație de ocolire

In fig. 1 este arătată schema bloc a căii de înaltă frecvență. Atenuarea pe parcursul liniei se poate determina prin formula aproximativă :

$$b = 1k\sqrt{f} + 0{,}8\,n + 0{,}65 + \beta_c l_c, \qquad (1)$$

unde l este lungimea totală a liniei de transport electric, în km; $k = 1{,}3.10^{-3}$, pentru linii de 110 kV și $0{,}72.10^{-3}$ pentru linii de 220 kV; f este frecvența, în kHz; n, numărul instalațiilor de ocolire; l_c, lungimea totală a cablelor de înaltă frecvență, la capetele de transmisie și la toate instalațiile de ocolire (de obiceiu circa 0,5 km); β_c, atenuarea kilometrică a cablului (dela 0,142 la 0,445 N/km, în gama dela 50 la 300 kHz).

Pentru frecvența 150 kHz, atenuarea traectului de înaltă frecvență pe linii de 110 kV de lungime 200 km, cu două instalații de ocolire (punți), este circa 5,5 N, iar pe linii de 220 kV, de lungime 300 km, cu o punte, circa 4,2 N.

Dacă se ia ca bază linia de 220 kV, atunci, socotind conform celor de mai sus că nivelul perturbațiilor este egal cu 2,85 N și admițând o abatere de diafonie de 3 N (experiența de exploatare arată că audiția convorbirii este în acest caz bună), obținem un nivel de transmisie la intrarea pe linie de +4,35 N, ceeace corespunde la o putere a transmițătorului cu o bandă de circa 6 W. Necesitatea de a se lucra cu frecvențe până la 300 kHz impune o mărire a puterii de transmitere până la 9...10 W.

Căile de înaltă frecvență pentru comunicații pe linii de transport electric nu trebue să se întrerupă în caz de defectare a liniei. Mulțumită existenței cuplajelor electromagnetice între faze, în majoritatea cazurilor de defectare atenuarea legăturii de înaltă frecvență nu crește decât cu 2...3 N. Deoarece la o defectare se scoate înalta tensiune depe linie și nivelul de perturbații scade considerabil, comunicația poate continua fără întrerupere dacă echipamentul are un reglaj automat al amplificării suficient de bun.

Spectrul de frecvențe al sistemului. Sistemul EPO—1 funcționează în gama de frecvențe dela 51 la 303 kHz. Această gamă se împarte în 84 benzi de lățime de 3 kHz fiecare : 51...54 kHz, 54...57 kHz ș.a.m.d. până la 300...303 kHz. Pentru relizarea convorbirii bilaterale se pot întrebuința oricare două benzi de frecvențe de câte 3 kHz, cu condiția ca ele să fie separate printr'un interval de cel puțin 12 kHz. Fiecare sistem utilizează o anumită bandă de frecvențe, dar e prevăzută posibilitatea de a se schimba între ele benzile de frecvențe de transmitere și de recepție. Banda de frecvențe efectiv transmisă în gama frecvențelor vocale, este cuprinsă între limitele dela 0,3 la 2,7 kHz. Translația frecvențelor vocale se realizează în două trepte. In prima treaptă se pot folosi frecvențele purtătoare : 6, 9, 12, 15 kHz. Ca rezultat al primei translații, banda vocală este transpusă în gamele 3...6, 6...9, 9...12, 12...15 kHz.

Cu ajutorul translației din treapta doua, banda vocală se transpune în acea poziție din spectrul de frecvențe 51...303 kHz, pe care trebue s'o ocupe în transmisia pe linie. Pentru treapta doua de translație se pot utiliza frecvențele purtătoare : 66, 78, 108, 120, 150, 162, 192, 204, 234, 246, 276, 288 kHz. La ieșirea din translatorul de frecvențe, se extrage cu ajutorul unui filtru de bandă, fie banda laterală inferioară, fie cea superioară. Alegerea frecvențelor purtătoare nominale în cele două trepte de translație se face în funcție de benzile de frecvență care trebue utilizate pe linie. In partea de recepție a sistemului, translația frecvențelor se realizează în ordine inversă.

Distribuția frecvențelor în sistemul EPO—1 e dată în tabela

Frecvența cuarțului kHz	Numărul căilor
66	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10
78	5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14
108	15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24
120	19, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 28
150	29, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 38
162	33, 34, 35, 36, 39, 40, 41, 42
192	43, 44, 45, 46, 49, 50, 51, 52
204	47, 48, 49, 50, 53, 54, 55, 56
234	57, 58, 59, 60, 63, 64, 65, 66
246	61, 62, 63, 64, 67, 68, 69, 70
276	71, 72, 73, 74, 77, 78, 79, 80
288	75, 76, 77, 78, 81, 82, 83, 84

Observație. Calea Nr. 1 ocupă banda de frecvențe dela 51 la 54 kHz, calea Nr. 2, dela 54 la 57 kHz ș.a.m.d. până la calea Nr. 84, care ocupă banda dela 300 la 3.3 kHz.

In practica telecomunicațiilor pe liniile electrice de transport, în primul rând se stabilește poziția normală a benzilor laterale de frecvențe. Această perfecționare permite să se îmbunătățească în mod serios organizația telecomunicațiilor în marile sisteme energetice.

Schema bloc a sistemului EPO—1 și nivelele la transmitere și recepție. Schema bloc a sistemului EPO—1 e reprezentată în fig. 2.

Curenții microfonici, trecând prin contactele treaptă, M—1. Acest translator, ca și celelalte, este compus din elemente de cuproxid, montate în inel. Curentul purtător 6, 9, 12 sau 15 kHz, se aplică dela generatorul de armonice GFP, cu frecvența fundamentală 3 kHz, stabilizată cu cuarț.

La ieșirea 1-lui translator e conectat filtrul de bandă FB, care separă banda laterală inferioară (3...6, 6...9, 9...12, 12...15 kHz). Curenții separați de filtrul de bandă trec, prin amplificatorul intermediar AI, în translatorul treptei a 2-a, modulatorul M-2. Curentul purtător se aplică acestui modulator dela generatorul cu cuarț GCFI, acordat pe una din cele 12 frecvențe (din tabelă).

La ieșirea modulatorului M—2 este conectat filtrul de bandă Ft, care separă banda laterală pentru transmisia pe linie. Dincolo de filtrul Ft, curenții se întăresc prin amplificatorul de putere la transmitere APT și trec în linie, prin filtrul de linie FL.

Aplicându-se la intrarea sistemului frecvența vocală de 800 Hz, cu un nivel de —1 neper, nivelul corespunzător al frecvenței laterale, la intrarea în linie, este egal cu +4,6 neperi (10 W). Mulțumită unui nivel de transmisie atât de ridicat, diferența între nivelul semnalului și nivelul mediu al perturbațiilor, la capătul de recepție, este cel puțin 3,0 neperi, pentru o atenuare a căii telefonice, pe linii de 220 kV, până la 4,45 neperi, iar pe linii de

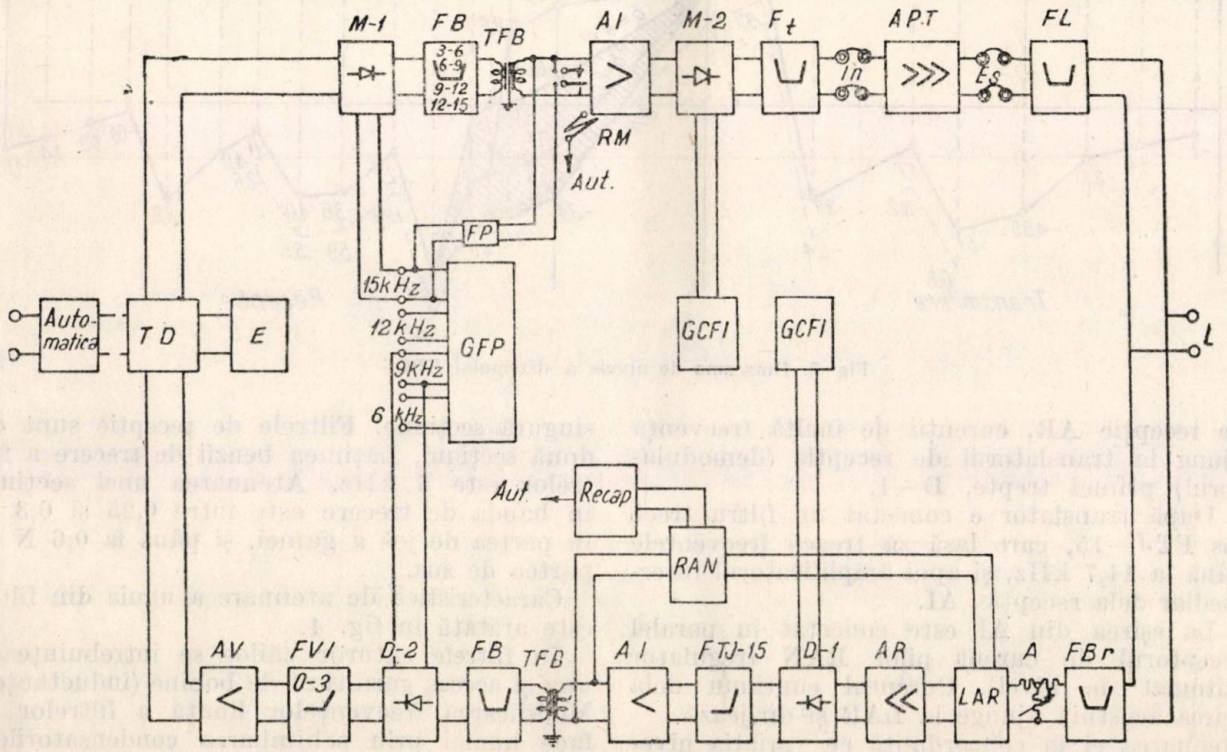


Fig. 2. Schema bloc EPO—1

releelor de automatică și prin atenuatorul de 0,4 neperi (care se conectează în tranzitele pe 2 fire), ajung, prin transformatorul diferențial TD, la translatorul (modulatorul), de 1-a

110 kV, până la 6,45 neperi. Nivelul minim de recepție poate fi egal cu —3,4 N, ceeace asigură, în cazurile de avarii, comunicații pe linii cu atenuarea până la 8 N.

Curenții sosiți depe linie intră în partea de recepție a sistemului, prin filtrul de bandă la recepție FBr și atenuatorul A, a cărui atenuare se poate regla în limitele dela 0 la 5 N, în trepte de 0,5 N. Cu ajutorul atenuatorului A se stabilește nivelul normal de recepție la intrarea liniei artificiale de reglaj IAR. Atenuarea totală a liniei și atenuatorului trebue să fie aproximativ 6 N.

Variația de atenuare a liniei în limitele +2 N se compensează automat, prin modificarea atenuării LAR, comandată de curentul pilot. In această calitate se folosește curentul purtător al primei trepte de translație, care se aplică din GFP, în paralel cu alimentarea spre modulator, la intrarea în amplificatorul intermediar AI. Nivelul curentului pilot la intrarea în linie este +3,1 N.

Reglajul automat de nivel se realizează prin schimbarea tensiunii de polarizare pe elementele de cuproxid, ce fac parte din montajul LAR. Trecând prin LAR și prin amplificatorul demodulatorul D—2, iar apoi, prin filtru vocal trece-jos EVJ, amplificatorul de frecvență locală AV, transformatorul diferențial TD și automatica, — la abonat.

Cu ajutorul amplificatorului vocal AV, echivalentul (atenuarea netă) a căii, la frecvența 800 Hz, ajunge la 0,8 N. Acest amplificator dă deasemenea posibilitatea să se corecteze caracteristica în funcție de frecvență a echivalentului. O serie de blocuri din sistemul EPO—1, ca de exemplu GFP, AV, câteva filtre s. a., sunt adoptate dela sistemul standardizat V—3[1]), ceeace simplifică fabricarea industrială a echipamentului EPO—1.

Diagrama de nivel a elementelor în tandem din ramura de transmitere și cea de recepție a sistemului EPO—1 este arătată în fig. 3.

Datele tehnice ale diferitelor blocuri și caracteristicile EPO—1. Filtrele de transmitere, de recepție și filtrele de linie sunt realizate după schema punții diferențiale cu șase elemente. In ramura de transmitere filtrele sunt cu o

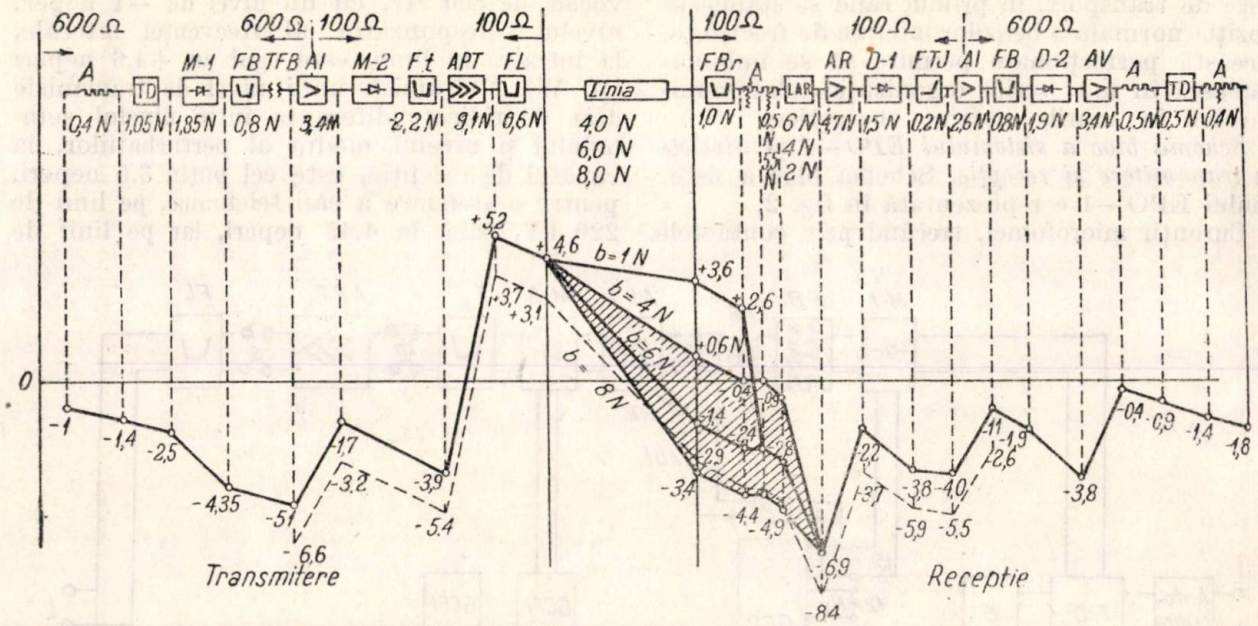


Fig 3. Diagrama de nivele a sistemului EPO—1

de recepție AR, curenții de înaltă frecvență ajung la translatorul de recepție (demodulatorul) primei trepte, D—1.

După translator e conectat un filtru trece jos FTJ—15, care lasă să treacă frecvențele până la 14,7 kHz, și apoi amplificatorul intermediar dela recepție, AI.

La ieșirea din AI este conectat în paralel receptorul de curent pilot RAN (regulator automat de nivel). Curentul continuu dela ieșirea acestuia ajunge la LAR și dirijează atenuarea ei în concordanță cu variația nivelului curentului pilot, sosit depe linie. La receptorul RAN e conectat și receptorul semnalelor de apel Rec. ap., la ieșirea căruia se găsește înfășurarea releului de apel.

Curenții vocali, trecând prin filtrul de bandă FB, ajung la translatorul treptei a doua, singură secțiune. Filtrele de recepție sunt cu două secțiuni. Lățimea benzii de trecere a filtrelor este 6 kHz. Atenuarea unei secțiuni în banda de trecere este între 0,25 și 0,3 N în partea de jos a gamei, și până la 0,6 N în partea de sus.

Caracteristica de atenuare a unuia din filtre este arătată în fig. 4.

In filtrele tuturor căilor se întrebuințează una și aceeași garnitură de bobine (inductanțe). Modificarea frecvențelor limită a filtrelor se face numai prin schimbarea condensatorilor.

Amplificatorul de putere la transmitere APT asigură ridicarea nivelului cu 8,7 N. Neregularitatea curbei de câștig în toată gama tran-

[1]) V. N. Amarantov și G. V. Stavițân. Sistemul cu 3 căi telefonice de înaltă frecvență V-3. Sviazisdat, 1950.

smisă, nu depăşeşte ± 0,05 N. Primele două etaje ale APT, cu tuburi 6AC7, sunt amplificatori de tensiune pe rezistenţe. Al treilea, etajul final, este amplificator de putere realizat cu tuburi П—50, în montaj contra-fază.

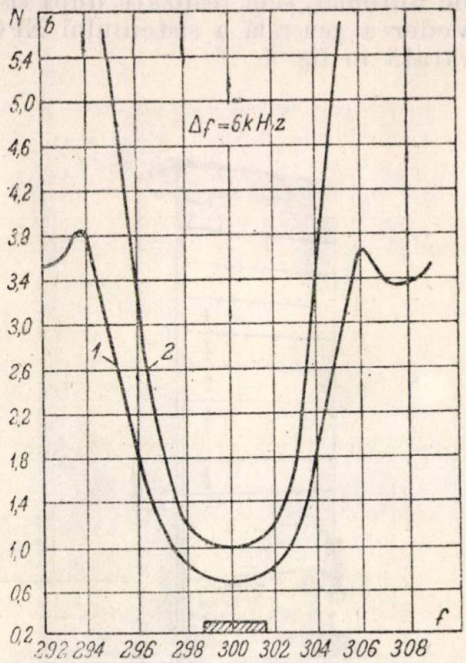


Fig. 4. Caracteristica de atenuare a filtrelor cu o secţiune (1) şi cu două secţiuni (2) la transmitere şi recepţie

Tensiunea anodică la APT se aplică numai din momentul când abonatul ridică microreceptorul sau după primirea semnalelor de apel — şi se ridică la terminarea legăturii.

Caracteristica echivalentului în funcţie de frecvenţă a unei căi este arătată în fig. 5.

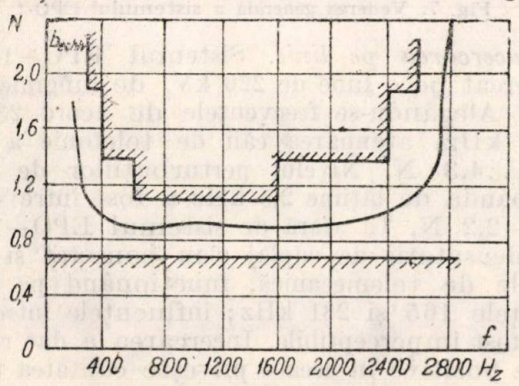


Fig. 5. Caracteristica echivalentului unei căi $P_{in} = -1$, o N

Caracteristica de reglaj a căii, arătând variaţia nivelului la eşirea din ramura de recepţie a sistemului, când atenuarea liniei variază dela 4 la 8,5 N, este reprezentată în fig. 6.

Automatica şi electroalimentarea sistemului EPO—1. Automatica sistemului EPO—1 serveşte pentru deservirea apelului selectiv automat al abonaţilor conectaţi în căile legăturii de înaltă frecvenţă pe linii de transmisii electrice. Se asigură abonaţilor aceleaş comodităţi şi acelaş mod de folosire a legăturilor pe care le au abonaţi centralelor telefonice automate obişnuite.

Toţi abonaţii conectaţi la o cale telefonică au numere dela 0 la 9, astfel ca apelul lor să se poată efectua cu ajutorul formării unei cifre. Pentru echipamentul de tranzit se asignează unul din aceste 10 numere. Când se chiamă

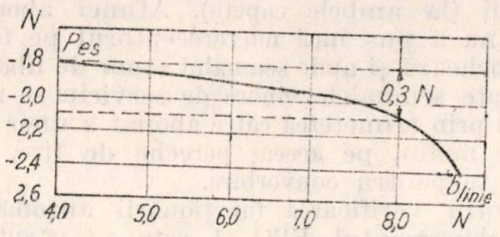


Fig. 6. Caracteristica de reglaj a căii.

un abonat din calea vecină, se formează două cifre: numărul echipamentului de tranzit şi numărul abonatului din calea vecină. Pentru chemarea unui abonat legat la calea următoare, se formează trei cifre, ş. a. m. d.

La echipamentul terminal EPO—1 se pot conecta trei abonaţi, care pot fi sau aparate simple automate, sau schimbătoare, sau dispozitive automate de translaţie pe 4 fire. In ultimul caz se prevede garnituri speciale de relee telefonice, care pot fi montate sau în sistem, sau în afara lui.

Funcţiile menţionate se îndeplinesc de instalaţiile automaticei, compuse din 35 relee de tip RM, două relee polarizate de tip RP-5 şi un selector de tip SP—11. Garnitura de relee a fiecărui abonat e compusă din trei relee. Releele polarizate se întrebuinţează pentru manipularea frecvenţei pilot în transmiţător şi pentru recepţie semnalelor de apel, formarea numărului şi liberarea la recepţie.

In situaţia de repaos, echipamentul transmiţătorului e deconectat, eşirea frecvenţei pilot în ramura de transmitere e scurtcircuitată de contactele releului polarizat şi receptorul se găseşte în situaţia de maximum de sensibilitate.

La ridicarea microreceptorului unuia din abonaţi, se efectuează ocuparea căii, prin trimeterea pe linie a frecvenţei pilot dela transmiţătorul staţiei chemătoare. In receptoarele instalaţiilor chemate se efectuiază reglajul automat de nivel şi este acţionat releul polarizat de recepţie, pregătind circuitul semnalului sonor de ocupaţie. Abonatul chemător primeşte semnalul de invitaţie să formeze numărul. Formarea numărului are ca efect formarea impulsurilor de întreruperi în emisiunea frecvenţei pilot, cu ajutorul releului polarizat din ramura de transmitere. In timpul formării numărului, funcţionarea regulatorului automat de nivel (RAN) nu se deranjează, deoarece reglajul respectiv al constantei de timp face ca RAN să nu fie influenţat de impulsiile discului.

După formarea numărului se conectează transmiţătorul instalaţiei chemate şi se trimete abonatului un semnal de curent alternativ de 50 p/s, întrerupt periodic. Din acest moment abonatul chemător primeşte semnalul

sonor de control al emisiunii apelului, care se întrerupe după ridicarea microreceptorului abonatului chemat. După convorbire, la liberare, se oprește trimeterea pe linie a frecvențelor pilot, adică se efectuiază liberarea completă a căii (la ambele capete). Atunci abonatul care nu a pus încă microreceptorul pe furcă, se blochează și aude semnalul sonor de liberare.

Toate semnalele sonore de serviciu se realizează prin trimeterea către abonat a unor frecvențe audio, pe aceeaș pereche de fire, care servește pentru convorbire.

Pentru verificarea funcționării automaticei în echipamentul EPO—1 este prevăzut un panou special de verificare-convorbire, compus dintr'un aparat telefonic BC-BL și reglete de comutație. Aparatul telefonic poate fi conectat atât spre echipament, în locul unuia din abonați, cât și spre oricare din ei, pentru verificarea liniei. Intrebuințând jacurile regletelor de comutație, se poate conecta linia oricărui abonat, deconecta complect transformatorul diferențial de frecvență joasă, conecta intrarea transmițătorului și eșirea receptorului la borne separate.

Pe panoul de comutație este fixat un releu care comută intrarea transmițătorului și eșirea receptorului pe 4 fire, pentru translația automată. In montajul automaticei este prevăzută posibilitatea de a se realiza instalația de translație, formată din două relee pentru fiecare direcție a translației.

Instalația de semnalizare a deranjamentelor, în caz de întrerupere a curentului continuu de 24, 220 și 450 V, este compusă din trei relee de tip RM. Semnalele apar pe un tablou luminos, dela o semnalizare externă, alimentată dela surse independente.

Alimentarea tuturor releelor și selectorului automaticei se obține cu ajutorul unui redresor cu seleniu, de 24 V. Curentul de sarcină ajunge până la 1,5...1,75 A. Alimentarea microfoanelor aparatelor de abonat se face printr'un redresor separat cu seleniu, de 48 V, prin bobinele releului de abonat. Toate tensiunile de curent continuu și alternativ, necesare funcționării sistemului EPO—1, se obțin din blocul de electroalimentare, montat în partea de jos a ramei. La bloc vine curentul alternativ de 50 Hz, cu tensiuni de 110, 127 sau 220 V. Mulțumită utilizării stabilizatorilor cu ferorezonanță, fluctuațiile de tensiune admisibile ale rețelei sunt cuprinse în limitele —20... +10%. Puterea preluată din rețea este de cca 700 VA.

Forma constructivă. Toate echipamentele sistemului EPO—1 sunt așezate pe rama standard cu dimensiunile 2500 × 650× 400 mm. Construcția tuturor unităților de montaj, afară de panoul de alimentare, APT și aparatul telefonic automat, sunt realizate după sistemul bloc. Vederea generală a sistemului EPO — 1 este arătată în fig. 7.

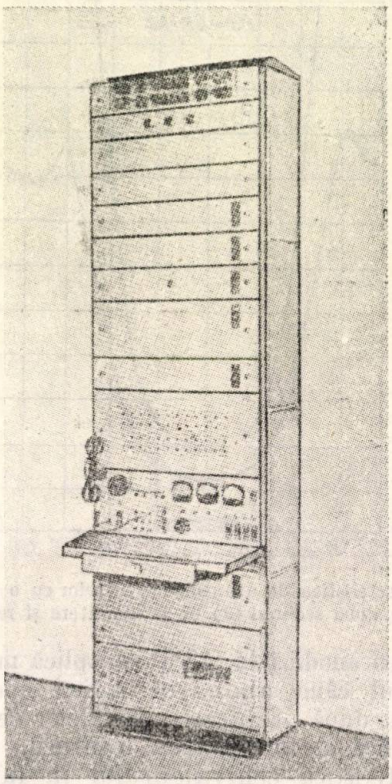


Fig. 7. Vederea generală a sistemului EPO-1

Incercarea pe linie. Sistemul EPO—1 s'a încercat pe o linie de 220 kV, de lungime 207 km. Alegându-se frecvențele de acord 231 și 255 kHz, atenuarea căii de telefonie a fost 4,1...4,3 N. Nivelul perturbațiilor de linie în banda de lățime 2,5 kHz a fost între —3,0 și —2,2 N. In afară de sistemul EPO—1, la condensatorii de cuplaj s'au conectat și posturile de telemecanică, funcționând pe frecvențele 165 și 281 kHz; influențele între căi au fost imperceptibile. Incercarea a dat rezultate pozitive în ceeace privește calitatea transmisiei vocale și siguranța legăturii.

Exemplarele experimentale EPO—1 au fost predate pentru exploatare permanentă.

★

ДАЛЬНЯЯ ТЕЛЕФОННАЯ ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ СВЯЗЬ ПО ЛИНИЯМ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Резюме

Рассмотрены основные данные аппаратуры ЭПО-1, предназначенной для организации каналов высокочастотного телефонирования по линиям электропередачи. Применённый в аппаратуре метод передачи на одной боковой полосе и ряд других усовершенствований позволяют значительно увеличить длину высокочастотных связей, их надежность и степень использования высоковольтных линий для целей телефонирования.

RECENZII

M. S. RIABOV: PARTEA ELECTRICĂ A INSTALAŢIILOR DE ILUMINAT

Traducere din limba rusă, Editura Energetica de Stat, 1952

Reconstrucţia socialistă a oraşelor din R.P.R., extinderea iluminatului electric în mediul rural, crearea de noi oraşe muncitoreşti în centrele industriale, iluminarea optimă a noilor uzine şi întreprinderi industriale, a aşezămintelor culturale (şcoli, teatre, cămine culturale, biblioteci etc.) pun în faţa grupurilor de proectare şi executare, probleme diverse şi complexe.

In literatura tehnică românească s'a resimţit până de curând lipsa unor tratate de specialitate în legătură cu problemele iluminatului. Această lipsă a fost în parte remediată prin apariţia volumului „Iluminatul electric" de ing. N. Gheorghiu şi P. Militaru Editura Energetică de Stat, 1952.

In acest volum se tratează însă problemele tehnicii iluminatului.

Problemele instalaţiilor electrice de iluminat sunt tratate numai parţial şi foarte sumar în lucrarea susamintită.

Volumul recenzat este menit să complecteze tocmai această lipsă.

In această carte sunt examinate problemele de bază referitoare la executarea reţelelor electrice ale instalaţiilor de iluminat, cele mai întrebuinţate scheme de alimentare pentru locuinţe şi clădiri industriale, particularităţile lor, calculele şi alegerea conductorilor. Sunt date indicaţii asupra execuţiei reţelelor din punct de vedere constructiv. Sunt tratate deasemenea problemele tehnicei securităţii, ale organizării lucrărilor de montaj şi exploatare ale instalaţiilor de iluminat.

Reţeaua electrică necesară distribuirii energiei electrice este foarte lungă şi se instalează în condiţiile cele mai diferite, atât în spaţii descoperite cât şi în interiorul clădirilor. Circuitele de iluminat de joasă tensiune se fixează în interiorul încăperilor, pe plafoane şi pereţi, străbat tavanele şi pereţii despărţitori, se montează pe maşini unelte, mese şi bancuri şi uneori în podele. Dacă nu sunt respectate instrucţiunile corespunzătoare de instalare şi exploatare, conductorii sub tensiune pot deveni surse de incendiu şi electrocutare. Ramificarea reţelei de iluminat, pătrunderea ei în orice punct al încăperilor, diferite în ce priveşte destinaţia şi amenajarea cum şi condiţiile diferite ale mediului înconjurător, cer o atenţie deosebită la proiectarea şi construirea reţelei electrice.

Dintre toate variantele de alimentare a surselor de lumină cu energie electrică trebue aleasă cea mai economică, care să asigure în acelaş timp o perfectă funcţionare, securitatea împotriva incendiilor şi electrocutărilor, executarea lucrărilor de montaj în termenele cele mai scurte şi o exploatare simplă şi practică.

In cele opt capitole ale cărţii recenzate sunt tratate în mod amănunţit aceste probleme, însoţite de scheme, tabele şi exemple de calcul.

Materialul corespunde programei cursului cu acelaş titlu predat de autor studenţilor Institutului de Energetică V. M. Molotov din Moscova.

Dat fiind însă că materialul cuprins în carte se sprijină mai ales pe experienţa organizaţiilor de proiectare şi montaj şi în primul rând a Direcţiei Generale de montaj electric din U.R.S.S., îi dau o deosebită valoare practică.

Traducerea a fost îngrijit întocmită, însă caracterul practic al cărţii, mai ales al capitolelor ce cuprind date cu privire la materialele de instalaţie este oarecum diminuat de faptul că nu s'a dat corespondenţele STAS diferitelor GOST--uri menţionate.

Deasemenea lipsesc din carte problemele executării instalaţiilor speciale (în transport, în industria carboniferă, etc.) ea cuprinzând numai indicaţii pentru executarea reţelelor electrice de iluminat general.

Z. H.

L. B. RIVLIN: MOTOARELE ELECTRICE ŞI EXPLOATAREA LOR

Traducere din limba rusă. Editura Energetică de Stat, 1952,

Introducerea dispozitivelor electrice de acţionare a schimbat fundamental şi a perfecţionat mersul proceselor de producţie, determinând nu numai caracterul producţiei, volumul, cantitatea şi formele ei, dar şi calitatea ei.

Elementul cel mai important al unui dispozitiv electric de acţionare îl constitue desigur motorul electric, cu multiplele tipuri sub care acesta se prezintă, atât în ceeace priveşte principiul de funcţionare, cât şi realizarea constructivă.

Un element nu mai puţin important îl constitue însă şi echipamentul motoarelor electrice, mai ales dacă se consideră problema foarte actuală a automatizării dispozitivelor electrice de acţionare.

Pregătirea şi perfecţionarea personalului de exploatare din ţara noastră necesita o lucrare care să trateze problemele de exploatare a motoarelor electrice, care lucrare să îmbine însă teoria de practică, tratând în acelaş timp problema şi sub aspectele ansamblului complex format de dispozitivul electric de acţionare.

Cartea lui Rivlin, apărută de curând în traducerea Editurii Energetice de Stat, umple golul existent în această privinţă, în literatura noastră tehnică.

Lucrarea se adresează absolvenţilor şcolilor medii tehnice, şefilor de ateliere, maiştrilor şi electricienilor care deservesc dispozitivele electrice de acţionare.

Cartea cuprinde 12 capitole.

Primele două capitole tratează principiile de funcţionare, înfăşurările, pornirea, reglarea vitezei de rotaţie şi frânarea motoarelor de curent continuu şi asincrone trifazate. Tot aci se tratează pe scurt şi motoarele asincrone monofazate şi cele de curent alternativ cu colector.

Capitolul III se ocupă cu motoarele sincrone, iar capitolul IV cu problemele de randament, încălzire şi răcire, ca şi cu regimurile de funcţionare şi tipurile constructive ale motoarelor electrice.

In această parte introductivă, ca şi în tot restul cărţii, autorul dă formule simple şi practice, iar textul este explicat printr'un mare număr de figuri, scheme de conectare şi diagrame. Exemple luate din practică contribue la fixarea cunoştinţelor.

Capitolul V tratează aparatajul de comandă şi protecţie a motoarelor electrice.

Capitolul VI se ocupă de problema importantă a automatizării comenzii motoarelor electrice, dând şi noţiuni despre automatizarea electronică-ionică şi prin maşina electrică de amplificare.

Capitolul VII tratează atât întreţinerea motoarelor electrice, cât şi aceea a aparatajului. Autorul nu se mulţumeşte să dea numai indicaţii de ordin general. Şi în acest capitol, ca şi în tot cuprinsul cărţii, materialul expus este tratat în mod concret şi în adâncime, în legătură directă cu practica zilnică de exploatare. Cu totul volumul limitat al cărţii, expunerea nu pierde nimic din preciziune, fără a se fi recurs la stilul telegrafic.

Capitolul VIII studiază deranjamentele şi defectele motoarelor electrice şi eliminarea lor. O atenţie deosebită este acordată vibraţiilor şi echilibrării statice şi dinamice.

Acest capitol conţine un tabel rezumativ al principalelor deranjamente ale electromotoarelor, în care se arată natura deranjamentului, cauza posibilă şi metoda de reparare, cu trimetere la paragraful unde metoda este expusă amănunţit.

Capitolul IX se ocupă cu reparaţia planificată preventivă şi cu verificarea motoarelor electrice. Periodicitatea verificărilor şi reparaţiile preventive, ca şi indicarea lucrărilor necesare, sunt prezentate în tabele sugestive, după felul atelierelor unde lucrează echipamentul electric şi după tipul motorului.

Se descrie amănunţit lucrările de reparaţie, metodele şi utilajul necesar ca şi dispozitivele noi de lucru care permit executarea reviziilor şi reparaţiilor cu un grad înalt de siguranţă şi calitate şi cu productivitate maximă.

Problema rebobinării electromotoarelor pentru altă tensiune sau altă viteză de rotaţie decât cea nominală este tratată deosebit de atent şi ilustrată cu un număr mare de exemple numerice rezolvate, îmbrăţişând cazurile care se ivesc în practica curentă.

Intrucât personalul de exploatare trebue să execute şi operaţii de montare, de exemplu la revizii, capitolul XI examinează atât problema montării motoarelor electrice, cât şi

aceea a verificării montajului. Se tratează deasemenea şi problema evitării conexiunilor greşite la montare.

Capitolul XII se ocupă cu principalele reguli de securitate la exploatarea motoarelor electrice.

In tot cuprinsul cărţii se face legătura cu standardele de Stat (GOST) respective.

Stilul direct şi simplu face ca lucrarea să fie citită uşor şi cu plăcere. După cum am mai arătat, numeroasele exemple practice şi aplicaţii numerice ajută la fixarea cunoştinţelor.

Considerăm însă, ca o lipsă faptul că în Capitolul IV se descriu diferitele tipuri de protecţie mecanică a motoarelor electrice, fără să se prezinte şi figurile respective.

Deasemenea nu sunt ilustrate prin figuri diferitele tipuri constructive, deşi acestea sunt descrise în text.

Personalului de exploatare i-se pune uneori problema trecerii unui motor electric dela un regim de funcţionare la altul. Ar fi fost de dorit ca şi această problemă să fie tratată.

Considerăm deasemenea că problema punerii în exploatare fără uscare prealabilă, care interesează mai ales motoarele electrice mari şi care a fost tratată amănunţit în revistele sovietice de specialitate din ultimii ani, ar fi meritat mai multă atenţie.

După cum se arată şi în prefaţa lucrării, din cauza volumului limitat al cărţii, autorul nu a avut posibilitatea să trateze toate problemele legate de exploatarea motoarelor electrice. Cititorul găseşte însă în lucrare tot ce este important şi necesar. Materialul este expus limpede, aşa că poate folosi nu numai tehnicienilor pentru îmbogăţirea cunoştinţelor profesionale, ridicarea calificării tehnice şi ca un preţios şi esenţial ajutor în muncă, dar şi ca manual anexă de studiu pentru şcolile tehnice.

Lucrarea constitue un nou exemplu de ajutorul preţios pe care ni-l dă experienţa tehnică sovietică.

In ceeace priveşte ediţia în limba română trebue să menţionăm îngrijita prezentare redacţională şi grafică. Nu putem trece însă cu vederea unele lipsuri privind terminologia, cum ar fi „trifazic" şi „monofazic", în loc de „trifazat" şi „monofazat" sau „rotorul în fază", în loc de „rotor bobinat". Deasemenea nici unele scăpări, cum este titlul capitolului dela pagina 45 „Reglarea vitezei cu sistemul motor-generator şi generator motor cu volant".

S. E.

SUMARE DIN REVISTELE SOVIETICE

ELECCTRICESTVO
(Electricitatea)
1 (1953)

Pentru locul de frunte în tehnica mondială. Malov V. S.: Problemele desvoltării sistemelor de măsură la distanţă cu retransmisie la distanţe mari. Scedrin N. N.: Simplificarea calculelor scurtcircuitelor liniilor de transport de energie electrică compensate longitudinal. Gherşengorn A. I.: Transpoziţia liniilor lungi de transport de energie electrică. Sâromiatnicov I. A.: Incălzirea rotorilor masivi în cazul utilizării demarorilor asincroni. Cuniţchii N. P.: Obţinerea curbei optime de curent a motorului în cazul slăbirii intensităţii fluxului de magnetizare. Aliabiev M. I.: Vectorii generalizaţi, reactivitatea şi fluxul total al maşinii sincrone. Treşcev I. I.: Contribuţii la problema teoriei generale a axului electric. Efroimovici I. E.: Calculul regimului electric al cuptoarelor electrice cu arc pentru elaborarea oţelului, ţinându-se seamă de efectul redresor al arcului. Caplianschii A. E.: Metodă de proiectare a aparatajului seignet-toelectric. Catnelson O, G, : Solenoid stabilizator de precizie pentru curentul electric. Golubţova V. A.: Uleiuri de petrol şi hidrocarburi polimerizate în calitate de dielectrici. **Din experienţa muncii.** Sehniaşvili G. N.: Practica exploatării substaţiilor de tracţiune mobile. **Din istoria electrotehnicii.** Sneiberg I. A.: Despre stabilirea de către academicianul V. V. Petrov a unei legi a circuitului electric. Jestianicov V. M.: Contribuţii la problema istoricului studiului proprietăţilor electrice ale carbonului. Baumgart C. C.: Eminentul profesor de fizică O. D. Hvolson. Comemorarea a 100 ani dela naştere. **Standarde şi norme.** Lavrov V. M.: Terminologia electrotehnicii teoretice. **Răsfoind revistele tehnice.** Protecţia instalaţiilor subterane împotriva acţiunii curenţilor vagabonzi („Gorodscoe Hoziaistvo Moscova, Nr. 7 pg. 25.1952, L. I. Achimfiev). Sarcinile imediate ale desvoltării tehnicii sudurii la marile construcţii. Crivozub D. S.: Utilizarea conductorilor de aluminiu în construcţiile de avioane Crivozub D. S.: Cabluri subterane. Craiz A. G.: Contribuţii la problema calculul eforturilor mecanice la transformatori. Conferinţa prin corespondenţă a cititorilor revistei „Electricestvo". **Cronică.** D. R.: La adunarea consacrată problemei invenţiei telegrafului. Soschin M. A.: La Facultatea de Fizică a Universităţii de Stat „Lomonosov" din Moscova. **Recenzii.** Galonen I. N.: Cărţi consacrate echipamentului electric al trolleybuselor: L. S. Efremov, Trolleybusele. Partea II-a Echipamentul electric. 359 pagini. Edit. Ministerul Gospodăriei Comunale a RSFSR. S. A. Rebrov. Echipamentul electric al trolleybuselor tip M.T.B. 108 pagini. Gosmaştehizdat. S. A. Rebrov. Instalaţia şi exploatarea trolleybuselor 240 pagini. Gosmasthizdat. V. L. Marcovnicov şi B. I. Perchis. Manual de învăţământ pentru şoferul de trolleybus. 252 pagini. Editura Ministerului Gospodăriei Comunale a R.S.F.S.R. — Cărţi noi în domeniul electricităţii, electrotehnicei şi electroenergeticei.

ELECTRICESTVO
(Electricitatea)
2 (1953)

Pentru îmbunătăţirea continuă a pregătirii cadrelor de electrotehnicieni. Racuşev N. F.: Proprietăţile electrice ale liniilor de transport de energie electrică cu faza descompuse. Cermîn A. B.: Calculul curenţilor de scurtcircuitare la reţelele electrice cu reglaj longitudinal al tensiunii sub sarcină. Fetisov V. V.: Curba potenţialului la colector şi influenţa ei asupra formării coroanei circulare de scântei. Urusov I. D.: Analiza curentului statorului în cazul unui moment pulsând armonic al maşinii sincrone. Levin M. S., Cuţ. P. V.: Despre rezistenţa secvenţei de O a motoarelor asincrone. Metuşil A. V., Lisencov A. A.: Măsurarea temperaturilor dielectricilor şi a semiconductorilor în câmpuri de înaltă frecvenţă. Ivanov I. I.: Despre metodica de determinare a capacităţii de absorbţie a apei în masele plastice stratificate. Ghirsburg S. A. Sinteza câtorva circuite neliniare. Puhov G. E.: Teoria puterii sistemului de curenţi polifazaţi periodici. Zecs L. M.: Alegerea raţională a parametrilor schemei paralele — serie de compensare de temperatură a milivoltmetrilor. **Din experienţa muncii.** Zabriţchi B. S.: Practica exploatării noilor diajunctori cu acţiune rapidă la substaţiile de tracţiune. **Din istoria electrotehnicii.** Frumchin A. M. Obrucara A. D.: Lucrările lui B. S. Iacobi în domeniul surselor chimice decurent electric. Manoilov V. B.: Şcoala ştiinţifică sovietică a acţionării electrice. **Discuţii.** Carnievschii F. I.: Despre manualul „Electrotehnica generală" sub redacţia lui S. A. Press. Surcov S. C.: Alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor industriale. Sâromiatnicov I. A., Grundinschii P. G.: Despre măsurile privitoare la mărirea-factorului de putere al instalaţiilor electrice din intreprinderile industriale. **Note şi serisori.** Gavrilenco N. E., Oleinic V. B.: Primul tramvai dela Dniepropetrovsc a fost amenajat în anul 1897. Gheiler L. B.: Despre metodica expunerii unor probleme în cursurile de maşini electrice şi de acţionare electrică. **Răsfoind revistele tehnice.** Sistem electroenergetic local cu putere dublată (I.A.N. SSSR. OTM. Nr. 6, pag. 883, 1952, N. A. Caraulov). Date experimentale obţinute la studiul stabilităţii regimurilor electrice ale consumatorilor din sistemul energetic (Energheticeschii Biulleten Nr. 8, pag. 6, 1952, G. T. Adons, S. A. Leschero şi alţii. Melgunov I. M.: Linii de transport pentru curent continuu

de înaltă tensiune. Istratov V.N. Transformator de intensitate. magnetizat printr'un curent de frecvenţă mărită. **Cronică.** Înfiinţarea Academiei de Ştiinţe a Cehoslovaciei. Inaugurarea Academiei de Ştiinţe a Republicii Populare Democrate Coreene. Centrala hidroelectrică intercolhoznică dela Rassâpuhino. Medalia de aur „S. I. Vavilov" şi premiul „L. I. Mandelştam". Satelen M. A., Neiman L. R.: Profesorul A. M. Zaleschii. La a 60-a aniversare a zilei de naştere. Satelen M. A., Zaiţev I. A.: Prof. M. M. Mihailov. La a 60-a aniversare a zilei de naştere şi la a 30-a aniversare a activităţii ştiinţifice şi pedagogice. Academicianul A. A. Andronov. Necrolog. **Recenzii.** Sidorov C. V.: V. A. Pravazenţev. Conductori cu izolaţie de email şi fibră pentru bobinaje. Gosenergoizdat 1952, 432 pag. Nomogramă pentru ridicarea cifrelor la puteri supraunitare (copertă, pag. 3-a).

ELECTRICESTVO

(Electricitatea)

3 (1953)

Lebedev G. A.: Dependenţa tensiunilor de străpungere a izolatorilor în stare umedă de presiune atmosferică Sectorov V. R.: Utilizarea energiei eoliene în scopurile electrificării Rozovschii I. A.: Despre luarea în considerare a proceselor ondulatorii la analiza stabilităţii statice a sistemelor de transport pe energie electrică la distanţe mari. Frid E. S.: Metoda încercării transformatorilor prin impulsuri. Zolotarev O. I.: Regulatori electro-mecanici cu câmp longitudinal. Craiţberg M. I. Studiul maşinii asincrone bifazice în condiţiile alimentării asimetrice. Glazenap M. S.: Sarcina asimetrică a generatorului asincron cu autoexcitaţie. Neboliubov I. E.: Modelarea procesului comutării la motoare de curent alternativ monofazice cu colector Aliabiev M. I.: Ecuaţii de operatori pentru tensiuni, curenţi şi fluxuri înlănţuite ale maşinii sincrone în condiţii iniţiale diferite de zero. Slejanovschii O. V.: Analiza sistemului de comandă a blumingului cu ajutorul caracteristicilor statice. Colosov S. P.: Curenţi de scurt circuit ai transformatorilor de putere redusă. Lurie A. G.: Coeficienţii de potenţial ai discurilor circulare. Negneviţchii I. B., Panina I. C. ş. a.: Curbele de magnetizare concomitentă cu câmpuri continui şi alternative. Cocian B. A.: Precizia de măsurare a rezistenţei cu ajutorul punţii duble. **Din practica muncii.** Socolov F F.: Din practica exploatării redresorilor cu seleniu. **Din istoria electrotehnicii.** D. R.: Eminentul electrotehnician inventator rus, A. N. Lodâghin. Salgus G. C.:Contribuţii la istoricul inventării automatizării electromecanice. **Discuţii pe marginea problemei liniilor de transport de energie electrică cu patru respectiv cu şase conductori.** Belousov M. N., Rascapov G. N., Sirota I. N., Rosenberg B. I., Fughenifrov M. I.: Electrotehnică generală. Sub redacţia lui S. A. Press. Taiţ A. A.: O carte consacrată alimentării intreprinderilor industriale cu energie electrică, de A. A. Feodorov şi B. A. Cniazevschii. Lebedev M. M.: Pe marginea articolului lui N. N. Cracicovschii „Câteva probleme ale schemelor de comutare ale reţelelor de înaltă tensiune". Caialov G. N.: Pe marginea articolului lui S. M. Livşiţ: „Despre calculele şi studiul sarcinilor electrice industriale". **Răsfoind revistele tehnice.** Dispozitiv pentru protejarea faţă de oxidare a uleiurilor bornelor (Energheticeschii Biulleten, Nr. 8, pag. 225, 1952, I. G. Emelianov). Mecanisme electrificate. Autoîncărcător cu acumulatori, având capacitate de ridicare de 0,75 tone (Mehanizaţia trudoiomchih i tiajolâh rabot, Nr. 10, 1952, pag. 34, A. A. Seslavin). Vislouh L. A.: Trolleybus Diesel, funcţionând la 1100 V. Galonen I, M.: Motor de tracţiune pentru trolleybuse. **Cronică.** Zalesschii A. M., Levit G. O.: 20 de ani de activitatea Asociaţiei Unionale a inginerilor şi tehnicienilor din industria electrotehnică (VNITOE).: Conferinţă consacrată utilajului electric pentru tracţiune, organizată de Asociaţia republicană ştiinţifică a inginerilor şi tehnicienilor (SNITO) din RSS Letonă. **Note şi scrisori. Recenzii.** Gorşcov P. N.: M. V. Constantinov. Tehnologia producţiei cablurilor cu izolaţie de cauciuc, Gosenergoizdat 1951, 384 pag. Cărţi noi în domeniul electricităţii, electrotehnicii şi electroenergeticei. Nomogramă. Curbele de magnetizare concomitentă cu curent continuu (H =) şi alternativ (H mediu) de frecvenţă 400 Hz a unui miez inelar din Pxxx permalloy cu molibden, având grosimea de 0,25 mm.

CĂRŢI NOI DE ELECTRICITATE, ELECTROTEHNICA ŞI ELECTROENERGETICA

editate în 1952 în U.R.S.S.

Alfven H.: Electrodinamica cosmică. Traducere în limba engleză, 291 pag. Editura pentru literatura străină.

* * *: Indicatorul adnotat al literaturii pentru tehnica electroizolaţiilor şi cablurilor. Fascicola IV, 27 pag. Institutul Energetic Unional pentru cursuri fără frecvenţă.

Baptidanov L. N. şi *Tarasov V. I.*: Utilajul electric al centralelor şi substaţiilor electrice; ediţia 2,296 pag. Gosenergoizdat.

Belorusov N. I., Grodnev I. I.: Cabluri de frecvenţă pentru radio. Manual pentru tehnicumuri, 272 pag. Gosenergoizdat.

* * *: Conectarea în paralel a generatorilor şi compensatorilor sincroni prin sincronizare 59 pag., Gosenergoizdat.

Gumelia A. N. şi *Malasev V. Z.*: Caracteristicile electrice ale liniilor aeriene şi cablurilor pentru comunicaţii 127 pag. Sviazizdat.

* * * Piesele şi elementele staţiilor de radiolocaţie. Traducere din limba engleză, 464 pag., Editura „Sov. Radio".

Evteev F. E. şi *Jucov V. A.*: Tehnologia radioaparaturii, 360 pag. Gosenergoizdat.

Zimin B. G.: Construcţia centralelor electrice urbane, 96 pag. Selhozghizdat.

Ivanovschi M.: Electronul cucerit, descoperirea şi utilizarea electricităţii, 431 pag. Editura Molodaia Gvardia.

Iosifian A. G.: Problemele aratului electric, 66 pag. Editura Academiei de Ştiinţe a R.S.S. Armene, Erevan.

Casalchin A. S., Perecalin M. A., Sergheev P. S.: Electrotehnică. Ediţia 4, 360 pag. Gosenergoizdat.

Cazman I. A.: Bazele calculului pentru lămpi de radio, 272 pag. Gosenergoizdat.

Clementiev S.: Tehnica marilor construcţii ale comunismului. 79 pag. Goscultprosvetizdat.

Costin C. F. şi *Neuman Z. B.*: Noul utilaj pentru construcţiile comunismului. 54 pag. Uralelectroaparat, Maşghiz.

Crug C. A., Darevschi A. I., Zeweche G. E., Ionchin P. A, Lomonosov V. I., Netusil A. V. şi *Strahov S. V.*: Bazele electrotehnicei. Gosenergoizdat.

Cuznetchi G. I.: Experienţa pregătirii electricienilor în baza tehnologiei înaintate, 29 pag. Trudrezervizdat.

Culesov V. N., Malasev V. Z., şi *Swarlzman V. O.*: Simetrizarea cablurilor pentru comunicaţii, 212 pag. Sviazizdat.

Chiazamzade Z. I.: Bazele teoretice ale electrotehnicei,648 pag. în limba azerbaidjană. Aznetfizdat.

Lejneva O. A. şi *Rjonsnitchi B. N.*: Emilii Cristianovici Lenz, 191 pag. Gosenergoizdat.

Luizov A. V. şi *Ponizovschi L. V.*: In interiorul substanţei. Descrierea desvoltării aspectului atomic al universului, 148 pag. Lenizdat.

Liulov S. A.: Perturbările industriale ale radiorecepţiei şi combaterea lor. Ediţia III-a, 320 pag. Gosenergoizdat.

Marcovici I. M.: Sistemele energetice şi regimurile lor. 312 pag. Gosenergoizdat.

Naciarian S. A. şi *Strelcovschi S. A.*: Exploatarea centralelor electrice rurale. 104 pag. Selhozghiz.

Nesmeianov A. N.: Atomii marcaţi. Ediţia II, 63 pag Gostehizdat.

* * *: Experienţa mecanizării şi metodele rapide de montaj la construcţiile centralelor electrice, 152 pag. Gosenergoizdat.

* * *: Semiconductori. Teorie şi utilizare. Traducere din l. franceză, 184 pag. Editura „Sov. Radio".

Popov V. S.: Mânuitori şi aparatele electrotehnice. Ediţia 4, 384 pag. Gosenergoizdat.

* * *: Semnele de prag. Traducere din limba engleză, 403 pag. Editura Sov. Radio.

Privezentev V. A.: Conductori de bobinaj cu izolaţii de email şi bumbac. Ediţia 2, 432 pag. Gosenergoizdat.

Putilov C. A.: Curs de fizică. Ediţia 5,792 pag. Ucipedghiz

* * *: Recomandări pentru eliminarea paraziţilor la radio produse de instalaţiile de sudură electrică. TBTI MEP U.R.S.S.

* * *: Recomandări pentru eliminarea paraziţilor la radio, produse de instalaţii cu lămpi de înaltă frecvenţă, cu utilizare industrială. TBTI MEP U.R.S.S.

* * *: Recomandări pentru eliminarea paraziţilor la radio, produse de maşini electrice TBTI MEP U.R.S.S.

* * *: Recomandări pentru proiectarea, fabricarea şi încercarea filtrelor pentru eliminarea paraziţilor radiofonici, 130 pag. TBTI MEP U.R.S.S.

Renne V. T.: Condensatori electrici, 512 pag. Gosenergoizdat.

Renne V. T.: Caracteristicile specifice ale condensatorilor moderni, 33 pag. Institutul Energetic Unional pentru cursuri fără frecvenţă.

Sapojnicov A. V.: Construcţia transformatorilor. 192 pag. Gosenergoizdat.

Solntev B. C.: O construcţie valoroasă pentru controlul şi măsurarea frecvenţei oscilaţiilor electrice. 20 pag. Sviazizdat.

Stocher J.: Oscilaţiuni neliniare în sistemele mecanice şi electrice. Traducere din limba engleză. 264 pag. Editura pentru literatura străină.

Tarrev B. M., Goldman I. M., Covalenco G. M., Colomoitev F. I., Freden-Cobelcaia I. O. Neuschind V. G.: Literatura ştiinţifică despre dielectrici. Academia de Ştiinţe U.R.S..S 671 pag. Academizdat.

Trociun I. T., Indreptarul electrosudorului. 104 pag. în limba ucraineană Maşghiz.

Tuplanov A. I. : Exploatarea hidrocentralelor electrice rurale. 152 pag. Belorusizdat.

* * *: Dispozitive şi elementele teoriei automatice şi telemecanice 248 pag. Maşghiz.

Fedoseev A. M.: Protecţia prin relee a sistemelor electrice. 480 pag. Gosenergoizdat.

Fermi E.: Particulele elementare. Traducere din limba engleză. 104 pag. Editura pentru literatura străină.

* * *: Problemele filozofice ale fizicei contemporane. 576 pag. Institutul de Filozofie al Academiei de Ştiinţe. Academizdat.

Tareev E. N.: Calculul şi proiectarea lămpilor electronice. 344 pag. Gosenergoizdat.

Ciucaev D. S.: Alimentarea oraşelor cu curent electric. 352 pag. Editura Ministerului Gospodăriilor Comunale.

* * *: Acţionarea electrică a maşilnilor agricole staţionare Album de planşe, fascicola 1,56 pag. Glavselectro Ministerul Agriculturii U.R.S.S.

TRADUCERI TEHNICE EFECTUATE DE I.D.T.

Munca ritmică, legea economică a industriei socialiste. Podn. Organis. 1952, Nr. 2 (Febr.), 46—50. (Dos. 20.248, 19 p., 1 fig.).

Iniţiativa celor ce muncesc, un capital al socialismului. Zlepsovatel, 1952, Nr. 8 (Aug.), 226—227. (Dos. 20.577, 8 p.).

Sarcinile birourilor pentru invenţii. Die Technik, R.D.G., 1951, Nr. 12 (Dec.), 535—536. (Dos. 20.432, 6 p.).

Să confecţionăm machete şi modele ale celor mai de seamă inovaţii. Ujitok Lp., 1952, Nr. 7 (Apr.), 5 (Dos. 20.576, 3 p.).

Conferinţa conducătorilor cabinetelor organizatorice ale institutului central pentru protecţia muncii. Bezp. Hig. Pracy, 1951, Nr. 11 (Nov.), 355—356. (Dos. 20.612, 7 p.).

Distorsiuni de frecvenţă la înregistrarea magnetică. Radio, 1951, Nr. 10 (Oct.), 48—52. (Dos. 20.113, 11 p., 7 fig.).

Compensarea influenţei temperaturii asupra elementelor circuitelor electrice. Elektricestvo, 1951, Nr. 10 (Oct.), 55—58. (Dos. 20.087, 11 p., 5 fig.).

Coloana pozitivă a unei descărcări prin gaze, a unui câmp magnetic neomogen cu simetrie axială. J. Techn. Fiz., 1951, Nr. 7 (Iul.), 753—745. (Dos. 20.067, 21 p., 12 fig.).

Curbele de magnetizare simultană prin câmpuri continue şi alternative a amplificatorului magnetic cu cuplaj prin reacţie. Elektricestvo, 1951, Nr. 10 (Oct.), 66—72. (Dos. 20.089, 11 p., 9 fig.).

Pierderi prin curenţi turbionari datorită efectului pelicular în table de oţel. Dokladî Akad. Nauk SSSR, 1949, vol. LXV, Nr. 5, p. 665—667. (Dos. 20.352, 5 p., 1 fig.).

Asupra rezolvării problemelor nestaţionare de contur ale electrodinamicei. Dokladî Akad. Nauk SSSR, 1951, vol. LXXX, Nr. 1, pag. 33—35. (Dos. 20.116, 4 p.).

Despre potenţialul de electrod Eo. J. Priklad. Him., 1952, Nr. 5 (Mai), 561. (Dos. 20.615, 2 p.).

Asupra problemei măsurării pierderilor în oţel. Dokladî Akad. Nauk SSSR, 1951, vol. LXXXI, Nr. 6, p. 1059—1062. (Dos. 20.191, 6 p., 1 fig.).

Despre stabilitatea generatorului sincron la reglarea excitaţiei în funcţie de variaţia curentului din stator. Izv. Akad. Nauk. SSSR, 1951, Nr. 12, p. 1769—1776. (Dos. 20.356, 12 p., 3 fig.).

Un generator în cascadă cu alimentarea în înaltă frecvenţă a filamentului kenotronilor. Elektricestvo, 1951, Nr. 10 (Oct.), 3—6. (Dos. 20.085, 10 p., 3 fig.).

Aparat pentru măsurarea intensităţii câmpului electric. Elektricestvo, 1951, Nr. 10 (Oct.), 86—87. (Dos. 20.091, 4 p., 2 fig.).

Fenomene de electrostricţiune în materialele ceramice seigneto-electrice. J. Techn. Fiz., 1951, Nr. 9 (Sept.), 1045—1049. (Dos. 20.070, 8 p., 3 fig.).

Determinarea constantei dielectrice a materialelor seignetoceramice la tensiune constantă, prin procedeul descărcării J. Techn. Fiz., 1951, Nr. 7 (Iul.), 808—813. (Dos. 20.068, 8 p., 7 fig.).

Armătura de protecţie a liniilor de transport de înaltă tensiune. Elektricestvo, 1951, Nr. 10 (Oct.), 15—19. (Dos. 20.280, 14 p., 2 fig.).

Despre problema densităţii economice de curent. Elektrocestvo, 1951, Nr. 9 (Sept.). 82—83. (Dos. 20.099, 5 p.).

Cu privire la proiectul de Gost „Aparate electrice de înaltă tensiune, clasificare şi terminologie". Elektricestvo, 1951, Nr. 12 (Dec.), 76. (Dos. 20.279, 5 p.).

Dispozitive de protecţie cu relee. Przgl. Elektrotechn., 1952, Nr. 7, p. 274—279. (Dos. 20.264, 17 p., 12 fig.).

Imbunătăţirea calităţii contactelor dela întreruptorul cu aer comprimat de 110 kv. Elektr. Stanţii, 1951, Nr. 10 (Oct.), 60—61. (Dos. 20.271, 2 p., 1 fig.).

Incercarea întreruptorului cu aer comprimat BB-110 de 110 kv, 2500 MVA la puteri de rupere până la 300 MVA. Elektricestvo, 1951, Nr. 9 (Sept.), 10—11. (Dos. 20.098, 5 p., 1 fig.).

ULTIMELE LUCRĂRI TEHNICE INTRATE IN BIBLIOTECA I.D.T.

Ghirin, S.: Să folosim complet rezervele interne ale întreprinderilor. (Polnee îspolzovat' rezervî proizvodstva). Moscova, Profizdat, 1952, 44 p.

Levcenko, M. şi alţii: Reducerea preţului de cost la fiecare operaţie de fabricaţie. (Snijenie sebestoimosti na kajdoi proizvoditelnoi operaţii). Moscova, Moscovskii Rabocii, 1952, 48 p.

Adirovici, E. I.: Curentul electric. (Elektriceskii tok). Ed. III. Moscova, Gostehizdat, 1952, 64 p., div. fig.

Lomonosov, V. Iu. şi *Polivanov, X. M.*: Electrotehnica. Noţiuni fundamentale. (Elektrotehnika. Osnovnîe poneatia). Moscova-Leningrad, Gosenergoizdat, 1952, 384 p., fig.

Drozdov, N. G.: Electricitatea statică în industrie. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1952, 160 p., div. fig., ref. bibliografice.

Jerve, G. K.: Calculul rebobinării maşinilor de curent continuu. (Rascoot maşinî postoiannogo toka pri peremotke). Moscova-Leningrad, Gosenergoizdat, 1952, 160 p., 74 fig.

Gurevici, E. Ia.: Exploatarea compensatorilor sincroni. (Expluataţia sinhronnîh kompensatorov). Moscova-Leningrad, Gosenergoizdat, 1952, 200 p., div. fig., ref. bibliografice.

Dolin, P.A.: Repararea transformatorilor din reţelele electrice urbane. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1952, 200 p., div. fig., ref. bibliografice.

Reanclanşarea automată trifazică a liniei de transport de energie electrică alimentară la două capete. (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1952, 44 p., dif. fig.

Iakuşa, G. B.: Organizarea muncii personalului din reţelele electrice (Organizaţia rabotî s personalom v elektriceskih seteah). Moscova-Leningrad, Gosenergoizdat, 1952, 87 p., 12 fig.

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academeiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească, în general, 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeț, pe ambele exemplare.
   În mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografi; numărul lor să fie însă numai cel strict necesar înțelegerii textului.
   Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9 × 12 cm.
   Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, care să cuprindă neapărat legendele respective.
   Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și foarte citeț. Indicii să fie scriși mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
   Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
    Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.
    Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeț, numele și pronumele complect, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon, spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie, precum și domiciliul și circumscripția financiară pentru a li se putea remite drepturile de autor.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolelor și a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POȘTALE DELA ORAȘE ȘI SATE, PRIN FACTORI POȘTALI, PRIN PROPAGANDIȘTI, PRECUM ȘI LA SECȚIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

Tarif pentru întreprinderi — *LEI 96 anual*

„ pentru muncitori, tehnicieni, ingineri — *LEI 30 „*

EDITURA ENERGETICA DE STAT

Publică lunar:

E 2040/a

KAT

Institut de Documentare Tehnică
BUCUREŞTI
ОБМЕН - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Erdőgos Mészaki Könyvtár SZABADONA

1898

6

PENTRU UZ INTERN

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

1953

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

APARE LUNAR SUB INGRIJIREA UNUI COMITET DE REDACŢIE

Anul I • Nr. 6 Iunie 1953

CUPRINSUL

Pag.

* * * Pentru îmbunătăţirea calităţii produselor industriei electrotehnice 3

C. Budeanu,: Condensatori industriali pentru compensarea factorului de putere 5

M. Nistor: Noi metode de determinare a gradului de umiditate din izolaţia maşinilor electrice şi transformatorilor 12

C. Şora, : Determinarea experimentală a inductanţelor de scăpări, folosind o metodă de opoziţie . 17

A. Avramescu, Posibilităţile calculului de dimensionare termică a siguranţelor fuzibile 23

E. Hoppe, Contribuţie la geometria bobinelor cilindrice 34

CRONICA

Douăzeci de ani de activitate a Asociaţiei Unionale a Inginerilor şi Tehnicienilor din Industria Electrotehnică 45

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

* * *: За улучшение качества изделий электропромышленности 3

К. Будяну,: Промышленные конденса торы для повышения коэффициента мощноста 5

М. Нистор: Новые методы определения степени увлажнения изоляции электрических машин и трансформаторов 12

К. Шора,: Опытное определение индуктивностей рассеяния, используя метод противопоставления 17

А. Аврамеску,: Возможности теплового рассчета плавких предохранителей 23

Е. Хоппе,: Вклад в геометрию цилиндрических катушек 34

ХРОНИКА

Двадцатилетие деятельности ВНИТОЭ 45

REDACŢIA : Bucureşti, B-dul 1848 Nr. 10
Raionul Tudor Vladimirescu
Telefon : 30730 — 35728

PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA CALITĂȚII PRODUSELOR INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

La 24-26 Aprilie 1953 a avut loc — inițiată și organizată de Ministerul Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice — conferința pe țară asupra calității principalelor produse electrotehnice și îmbogățirii nomenclatorului. Această conferință a arătat succesele obținute de industria noastră de mașini și aparataj electric și a desvăluit o serie de lipsuri care mai dăinue în producția electrotehnică. Față de importanța problemei ziarul „Scânteia" a consacrat în Nr. 2672 din 2 Iunie 1953 articolul „Pentru îmbunătățirea calității produselor industriei electrotehnice", pe care îl reproducem în revista noastră. Acest articol arată întreprinderilor noastre constructoare de mașini și aparataj electric linia directoare pentru ridicarea necontenită calitativă și cantitativă a producției față de nivelul și cerințele mereu crescânde ale construcției noastre socialiste.

In zilele de 24—26 Aprilie a avut loc în Capitală conferința pe țară pentru îmbunătățirea calității produselor electrotehnice, organizată de Ministerul Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice. La această conferință au luat parte muncitori, stahanoviști, tehnicieni și ingineri din ramura industriei electrotehnice, precum și numeroși delegați din alte ramuri industriale care folosesc mașini și aparataje electrice.

Prin eforturile muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor, cu ajutorul frățesc primit din partea Uniunii Sovietice, în țara noastră au fost construite fabrici noi ca, de pildă, „Electro-Putere", „Dinamo", „Electro-Motor", „Electro-Aparataj" și altele, care produc mașini electrice, aparataj de înaltă și joasă tensiune, etc. Volumul producției a crescut de 11,8 ori în 1952 față de anul 1948, iar în primul trimestru al acestui an producția a sporit cu 84 la sută față de producția anului 1950.

Crearea industriei electrotehnice constitue un mare succes al regimului de democrație populară, al clasei noastre muncitoare, care înfăptuește cu succes, sub conducerea înțeleaptă a partidului ei, politica leninist-stalinistă de industrializare socialistă a țării.

An de an, datorită creșterii neîncetate a nivelului tehnic-profesional al muncitorilor și tehnicienilor, industria noastră electrotehnică a obținut succese pe linia îmbunătățirii calității produselor, a lărgirii sortimentelor. Numeroase întreprinderi din această ramură au reușit să producă mașini, utilaj și piese de precizie de un înalt nivel tehnic și calitativ.

Industria electrotehnică produce astăzi transformatori de 10.000 kVA pentru tensiuni până la 60 kV, locomotive electrice pentru industria minieră, motoare electrice de curent alternativ de putere până la 1000 kW, motoare electrice de curent continuu pentru tracțiune, generatori de curent alternativ, întrerupători în ulei de 35 kV, separatori până la 110 kV, aparataj automat de joasă tensiune, aparate electrice de măsură, conductori și cabluri de joasă și înaltă tensiune etc. — mașini și aparataje necesare înfăptuirii mărețului plan de electrificare a țării.

O largă desvoltare au luat întreprinderile producătoare de mașini, transformatori și aparataj electric în scopul satisfacerii nevoilor producției celor mai importante sectoare din cadrul economiei noastre naționale ca, de pildă, sectoarele siderurgic, metalurgic, carbonifer, petrolifer, energetic și al materialelor de construcții. Din 1951 până astăzi au fost introduse în fabricație peste 250 produse noi dintre care peste 20 în primul trimestru al acestui an.

Un accent deosebit s'a pus pe producerea de utilaj greu. Astfel, în timp ce în 1949 cel mai puternic motor de curent alternativ era de 100kW, astăzi se produc motoare asincrone trifazice de 1000 kW, iar dela transformatorii de 750 kVA la tensiunea de 25 kV fabricați în 1949 s'a ajuns la fabricarea de transformatori de 10.000 kVA la tensiunea de 60 kV.

In acelaș timp industria electrotehnică fabrică o serie de produse de larg consum și uz casnic, contribuind și pe această cale la ridicarea nivelului de trai material și cultural al celor ce muncesc.

Din dezbaterile conferinței a reieșit că succesele obținute până acum în lupta pentru îmbunătățirea calității produselor electrotehnice nu sunt încă pe măsura posibilităților ce s'au creat întreprinderilor acestui sector.

Intre institutele de proiectare Ministerul Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice și întreprinderile beneficiare nu a existat întotdeauna o strânsă colaborare. Acest lucru a dus, în unele cazuri, la alegerea necorespunzătoare a tipului constructiv de mașini și aparate. Așa, de pildă, tipul electrocarului fabricat la întreprinderea „Electro-Putere" nu a dat toate rezultatele dorite în producție deoarece, la proiectarea lui, s'a ales un model învechit, fără a i se face modificările necesare. Deasemenea, din cauza lipsei de colaborare între întreprinderile electrotehnice și întreprinderile beneficiare, unele produse electrotehnice s'au comportat nesatisfăcător în producție.

Direcția Generală a Industriei Electrotehnice nu a depus eforturi suficiente în ceeace privește fabricarea de utilaje complecte și de bună calitate.

Unele mașini electrice au o calitate necorespunzătoare datorită faptului că nu a fost urmărită îndeaproape îmbunătățirea calității izolației lor. Ministerul Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice, Ministerul Industriei Ușoare și Institutele de Cercetări s'au preocupat în măsură insuficientă de rezolvarea acestei probleme.

In cadrul conferinței, colectivul întreprinderii „Electro-Aparataj" a fost serios criticat pentru lipsa de răspundere cu care livrează unele produse.

Ministerul Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice, neținând întotdeauna seama de necesitățile crescânde de aparataj și mașini ale industriei, nu a prevăzut în planul de producție o serie de sortimente deosebit de necesare industriei. Astfel, din producția industriei electrotehnice lipsesc motoarele asincrone trifazice antigrizutoase cu siguranță mărită, cuptoare electrice pentru tratamente termice, relee de protecție, etc.

Deasemeni, ministerul nu a asigurat decât în mică măsură fabricarea aparatajului electric necesar automatizării și controlului electric al funcționării agregatelor.

Pe lângă deficiențele existente în unele întreprinderi electrotehnice, muncitorii, tehnicienii și inginerii din această ramură întâmpină uneori greutăți serioase în lupta pe care o desfășoară pentru îmbunătățirea calității produselor, din cauza materialelor și materiilor prime necorespunzătoare primite dela întreprinderile din alte ramuri. Așa, de exemplu, sîrma „coardă de pian" folosită la construcția aparatajului electric — fabricată la întreprinderile „Industria Sârmei", și la alte întreprinderi — este uneori de calitate necorespunzătoare. Țeava pentru transformatori, produsă de colectivul uzinelor „Republica", fără respectarea prescripțiilor STAS, creează deasemenea greutăți mari colectivului întreprinderii „Electro-Putere".

In urma dezbaterilor ample, conferința a luat o serie de hotărîri concrete în legătură cu îmbunătățirea calității produselor și lărgirea sortimentelor electrotehnice. Hotărîrile se referă la organizarea unei colaborări permanente între institutele de proiectare pe deoparte și întreprinderile beneficiare, Ministerul Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice și întreprinderile de sub conducerea sa pe de altă parte. S'a luat deasemenea hotărîrea ca Direcția Generală a Industriei Electrotehnice și întreprinderile electrotehnice să întreprindă o acțiune de îmbunătățire a calității produselor, acțiune în care să fie atrase cele mai largi masse de muncitori, tehnicieni și ingineri din această ramură. Pentru a se asigura îmbunătățirea unora dintre materiile prime furnizate de alte sectoare industriei electrotehnice ca, de pildă, tablă silicioasă, fire de țesătură din sticlă, etc., conferința a recomandat ministerelor respective să pună în studiu și să rezolve cât mai grabnic aceste probleme.

Conferința a adus o contribuție însemnată la rezolvarea multor probleme privind îmbunătățirea calității produselor și lărgirea sortimentelor electrotehnice. Trebue arătat însă că ea a avut și o serie de lipsuri. Conferința ar fi putut da rezultate și mai însemnate dacă problema calității produselor ar fi fost legată mai strâns de problema întrecerii socialiste, de stimularea inițiativei creatoare a masselor. La consfătuire numărul stahanoviștilor și al fruntașilor în producție a fost relativ restrâns, iar participarea lor la discuții a fost deasemenea, în general, redusă.

Experiența arată că în întrecerea socialistă numeroși stahanoviști și fruntași în producție, aplicând metodele înaintate de lucru, introducând tehnologia nouă în procesul de producție, au adus o contribuție serioasă la îmbunătățirea calității produselor. Ar fi fost bine dacă în cadrul consfătuirii s'ar fi pus accentul și pe însușirea și extinderea metodelor pozitive de muncă ale unor stahanoviști sau fruntași în producție care au realizat succese deosebite în lupta pentru îmbunătățirea calității produselor.

Problema îmbunătățirii calității produselor trebue să constitue o sarcină de răspundere deosebită a organizațiilor de partid. Comuniștii au datoria de a educa pe fiecare om al muncii în parte în spiritul intransigenței față de cei ce își permit să dea produse de proastă calitate, față de cei care, prin atitudinea lor de nepăsare, aduc serioase pagube economiei noastre naționale.

Organele sindicale și conducerile administrative trebue să desfășoare, sub îndrumarea organizațiilor de partid, o activitate susținută în vederea ridicării nivelului tehnico-profesional al muncitorilor, să întărească rolul maiștrilor — organizatori nemijlociți ai procesului de producție în fiecare secție și atelier în parte — pentru ridicarea calității produselor electrotehnice.

Ministerul și conducerile întreprinderilor electrotehnice au datoria să examineze temeinic concluziile conferinței și, în lumina acestora, să ia măsuri concrete pentru lichidarea lipsurilor, în vederea îmbunătățirii necontenite a calității mașinilor și aparatajului electric pe care îl fabrică.

Pentru fiecare conducător de întreprindere, pentru fiecare muncitor și tehnician în parte îndeplinirea sarcinilor măreți ale planului de electrificare a țării constitue o înaltă datorie patriotică.

CONDENSATORI INDUSTRIALI PENTRU COMPENSAREA FACTORULUI DE PUTERE

Prof. Ing. C. BUDEANU

Se reamintesc principalele expresii ale puterii reactive în regim monofazat, regim trifazat echilibrat, în regim echilibrat ca tensiune putând fi desechilibrat ca cureut și în regim desechilibrat sub forma cea mai generală. Se definește factorul de putere (cos φ) pe baza anumitor proprietăți simetrice ale puterii reactive cu puterea reală, în special pe baza proprietății de conservare, valabilă într'o instalație de transport și distribuție. Se clasifică procedeele de compensare în compensări naturale și compensări artificiale și se arată că funcționarea și folosirea în practica industrială a condensatorilor electrici intră în categoria compensărilor artificiale. Se trece apoi la o analiză detailată, a aspectelor generale și a celor mai interesante aspecte particulare a mecanismului de funcționare a condensatorilor industriali, trăgându-se din analiza teoretică concluziile practice aplicabile în diferite aspecte ale liniilor de transport și distribuție a energiei electrice. Se arată pe larg contribuția științei și tehnicei sovietice în problema compensării factorului de putere, enumerându-se principalele concluzii la care s'a ajuns atât în problema compensării naturale cât și a celei artificiale. Sunt arătate principalele realizări ale tehnicei sovietice în domeniul construcției condensatorilor statici atât în monofazat cât și în trifazat. In concluzie se arată importanța problemei pentru instalațiile electrice din RPR.

1. CONSIDERAȚII GENERALE

Expresia noțiunii de factor de putere a fost de mult precizată, odată cu stabilirea teoriei electrotehnicii.

Pe măsura desvoltării marilor electrificări prezența factorului de putere într'o rețea electrică a devenit o acută problemă de exploatare.

Manifestările tehnice ale acestei probleme cât și mai ales calculele, care intervin în aplicațiile practice au scos în evidență, că atât unghiul de defazaj φ cât și factorul de putere, $K = \cos\varphi$ pot fi considerate mult mai științific sub aspectul unei noi mărimi: puterea reactivă.

Reamintesc principalele expresii ale acestei mărimi, notând cu P, Q, S puterile reală, reactivă, aparentă:

In regim monofazat:

$$Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi = S \cdot \sin\varphi = P \cdot \operatorname{tg}\varphi \quad (1)$$

In regim trifazat echilibrat:

$$Q = \sqrt{3}\, U \cdot I \cdot \sin\varphi = S \cdot \sin\varphi = P \cdot \operatorname{tg}\varphi \quad (2)$$

$$Q = \sqrt{3}\,(U_{13} I_1 \cos\varphi_1 - U_{23} I_2 \cos\varphi_2) \quad (3)$$

în care

$$\varphi_1 = (\widehat{U_{13} I_1}) \text{ și } \varphi_2 = (\widehat{U_{23} I_2})$$

In regim trifazat echilibrat ca tensiune, putând fi desechilibrat ca curent:

$$\begin{cases} Q = \dfrac{1}{\sqrt{3}} \dfrac{1}{T} \displaystyle\int_0^T (u_{12} i_3 + u_{23} i_1 + u_{31} i_2)\, dt \quad (4) \\ Q = \dfrac{1}{\sqrt{3}} (U_{12} I_3 \cos\Psi_3 + U_{23} I_1 \cos\Psi_1 + \\ \qquad + U_{31} I_2 \cos\Psi_2) \end{cases}$$

în care

$$\Psi_1 = (\widehat{U_{23} I_1});\ \Psi_2 = (\widehat{U_{31} I_2});\ \Psi_3 = (\widehat{U_{12} I_3}).$$

In regim trifazat desechilibrat sub forma cea mai generală:

$$Q = U_1 I_1 \sin\varphi_1 + U_2 I_2 \sin\varphi_2 + U_3 I_3 \sin\varphi_3 \quad (5)$$

Expresiile (2), (3), (4) constitue deci cazuri particulare ale expresiei generale (5).

Puterea reactivă ca și puterea reală este în strânsă corelație cu puterile instantanee, cât și cu valorile instantanee de tensiune și curent. In consecință puterea reactivă se bucură de anume proprietăți cu totul simetrice cu acelea ale puterii reale.

In special ne referim la proprietatea de conservare valabilă într'o instalație de transport și distribuție [4].

Pe baza aceleiași proprietăți de simetrie, valoarea factorului de putere se poate exprima sub forma:

$$\cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (6)$$

Puterea reactivă este deasemenea în strânsă corelație cu fenomenele energetice însăși ale câmpurilor magnetice și electrice, intervenind în funcționarea aparatelor producând manifestări reactive.

Astfel, s'a arătat deja că, aparatele echivalente cu inductanțe sau capacități, deservite de o rețea, absorb dela sursă o putere reactivă egală cu:

$$Q = 2\omega (W_m - W_e) \quad (7)$$

în care W_m și W_e sunt valorile medii ale părților din energiile câmpurilor magnetice și electrice, ale acestor aparate, a căror valori instantanee de energie oscilează între acele câmpuri și rețea respectiv sursa de energie, pulsația de oscilație fiind tocmai 2ω.

In categoria acestor aparate intră deci orice inductanță sau capacitate, inclusiv liniile electrice prin inductanțele și capacitățile lor, mașinile sincrone sau asincrone, transformatorii, prin inductanțele lor de toate categoriile, ale fluxurilor de dispersiune și mutuale, ale câmpurilor magnetice învârtitoare, etc.

O mașină sincronă supraexcitată este producătoare de energie magnetizantă oscilantă transmisă rețelei și deci producătoare de putere reactivă. O mașină sincronă subexcitată este consumatoare de energie magnetizantă oscilantă dela rețea, și deci consumatoare de putere reactivă. O capacitate este o consumatoare de energie electrică oscilantă în câmpul său electric, însă este producătoare de putere reactivă, deoarece W_e figurează cu semnul minus în expresia (7).

Puterile instantanee de natură $p = \frac{dw}{dt}$ ale tuturor energiilor magnetizante și a câmpurilor electrice a aparatelor de mai sus, sunt caracterizate printr'o medie nulă $\frac{1}{T}\int p\, dt = 0$.

Deaceea acele aparate, deși pun în joc energii reale oscilante, nu sunt nici consumatoare, nici

producătoare de puteri reale, ci numai de puteri reactive.

Ne vom servi de relația (7) în cele ce urmează relativ la funcționarea condensatorilor.

Celelalte multiple considerații în legătură cu aspectul fizic al fenomenelor reactive depășesc cadrul prezentului articol, cea mai mare parte fiind deja expuse.

Transportul de putere reactivă într'o instalație electrică se manifestă printr'o serie de prejudicii cu totul simetrice cu acelea produse de transportul puterii reale, ca de exemplu, căderi de tensiune, pierderi de putere reală prin efectul Joule-Lenz etc. Pe aceleași considerații prezența de putere reactivă reduce capacitatea de producere și transport de putere reală într'o instalație electrică [4].

2. PROCEDEE GENERALE DE COMPENSARE

Metodele generale de compensare a fenomenelor reactive se grupează în două grupe principale și anume:

Compensări naturale care consistă în a reduce consumația de putere reactivă a diverselor aparate receptoare. Această reducere, la rândul ei se realizează pe de o parte, prin construcție de aparate (motoare asincrone și transformatori) care să consume puteri reactive cât mai mici, iar pe de altă parte prin folosirea acestor aparate astfel în cât să se reducă la minimum supradimensionarea lor.

Tot în aceste metode s'ar introduce înlocuirea acolo unde e posibil a motoarelor asincrone prin motoare sincrone.

Compensări artificiale consistând în producerea prin aparate speciale a puterilor reactive necesare diverselor aparate receptoare astfel ca să se evite atât producerea acestor puteri reactive la uzină, cât mai ales transportul acestor puteri reactive dealungul instalațiilor de transport și de distribuție.

Funcționarea și folosirea în practica industrială a condensatorilor electrici intră în această categorie de compensări.

Bine înțeles atât din punct de vedere tehnic cât și economic se impune ca în prealabil să se realizeze la maximum compensările naturale, și numai diferența de putere reactivă, pe care nu reușim a o compensa pe această cale, s'o producem pe loc prin metode de compensări artificiale.

3. CONDENSATORI INDUSTRIALI

Situația generală. Funcționarea condensatorului industrial ca dispozitiv de compensare consistă în faptul că acest aparat este un consumator de putere reactivă negativă și deci un producător de putere reactivă pozitivă.

Acest fenomen de compensare se examinează, în mod uzual, sub aspectul curentului absorbit de condensator, care curent este în cuadratură înainte față de tensiunea la bornele condensatorului.

Considerăm incomplect acest fel de a vedea, și în orice caz incapabil de a ne explica mecanismul general fizic de compensare pe care îl produce un condensator.

In adevăr, să considerăm, pentru precizarea ideilor, că examinăm o rețea care conține numai o inductanță L, având o tensiune la borne, a cărei valoare complexă este $\overline{U}_l$.

In aceeași rețea montăm, în altă parte, un condensator, de capacitate C, sub o tensiune complexă la borne $\overline{U}_c$. Curenții absorbiți de cele două aparate sunt:

$$\begin{cases} \overline{I}_l = -j\,\overline{U}_l \dfrac{1}{L\omega} & \text{în inductanță} \\ I_c = j\,\overline{U}_c\, C\omega & \text{în condensator} \end{cases} \qquad (8)$$

In general însă tensiunile $\overline{U}_l$ și $\overline{U}_c$ au între ele un defazaj Ψ oarecare, care depinde de poziția acelor aparate în rețea și de condițiile de funcționare ale rețelei. In cazul particular când L și C sunt montate în paralel, unghiul $\Psi = 0$. Când L și C sunt în serie $\Psi = \pi$ și deci $\overline{U}_l$ și $\overline{U}_c$ sunt în opoziție.

In consecință și curenții $\overline{I}_l$ și $\overline{I}_c$ absorbiți de cele două aparate au între ei în general un defazaj oarecare. Și totuși puterile reactive ale celor două aparate se compensează algebric sub forma $Q = Q_l - Q_c$ independent de defazajul Ψ.

De aceea preferim a considera fenomenul de compensare produs de un condensator, fie sub aspectul principiului de conservare, al puterilor reactive, sau mai ales sub aspectul energetic, care apare prin relația (7) de mai sus. Ambele aceste aspecte sunt independente de unghiul de defazaj Ψ între tensiunile $\overline{U}_l$ și $\overline{U}_c$; ele apar astfel ca fiind în corelație mai strânsă cu natura fizică însăși a fenomenelor.

Relația (7) ne relevă, că fenomenul de compensare, produs de un condensator, rezidă în media energiei localizată în câmpul electric al condensatorilor pe care am notat-o cu W_e în relația (7), cât și în pulsația de oscilație $2\,\omega$ a acestei energii între câmpul electric al condensatorului și rețea. Și în curent continuu un condensator localizează o energie W_e în câmpul său electric, totuși puterea sa reactivă desvoltată în curent continuu este $Q_c = 0$, pentrucă pulsația de oscilație $2\,\omega$ e nulă. Și precizăm că expresia W_e figurând în relația (7) reprezintă o energie reală, și deci o mărime dintre cele mai fizice.

Situația în regim trifazat. Mecanismul de funcționare al condensatorilor industriali prezintă importante aspecte particulare, în special în cazurile uzuale ale unui regim trifazat.

In adevăr, fie o linie trifazată (fig. 1) funcționând sub forma cea mai generală, în regim echilibrat sau nu.

Linia este însă complectă, îndeplinind deci condiția dată prin relația (9) asupra celor trei curenți în cele trei fire ale liniei.

$$\Sigma i = 0 \text{ și deci } \Sigma\,\overline{I} = 0 \qquad (9)$$

în care i reprezintă valorile instantanee ale celor trei curenți, însumarea făcându-se algebric, iar

$\overline{I}$ valorile complexe ale aceloraşi curenţi, însumarea făcându-se în consecinţă.

Expresiile complexe $\overline{I}_1$, $\overline{I}_2$, $\overline{I}_3$ ale curenţilor în

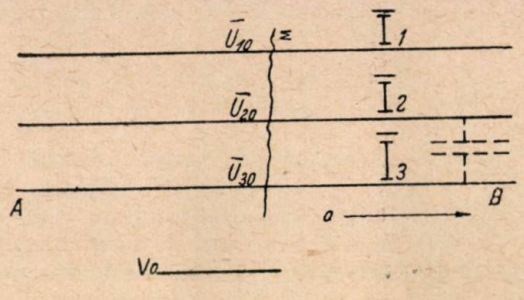


Fig. 1

cele trei fire, se scriu în raport cu un sens a al liniei adoptat arbitrar.

Considerăm o secţiune Σ care taie această linie, fără a ne preocupa ce devine această secţiune în afara liniei. Notăm cu $\overline{U}_{10}$, $\overline{U}_{20}$, $\overline{U}_{30}$ expresia complexă a potenţialelor punctelor de intersecţie ale fiecărora dintre cele trei fire cu secţiunea Σ. Expresiile $\overline{U}_{10}$, $\overline{U}_{20}$, $\overline{U}_{30}$ fiind raportate la o origine oarecare V_0 reprezintă de fapt tensiunile între acele fire şi potenţialul de referinţă.

In aceste condiţii, după cum am avut ocazia a preciza deja, oricare ar fi potenţialul de referinţă V_0 şi oricare ar fi regimul de desechilibraj al sistemului putem precis identifica puterile reale şi reactive totale transmise de linie şi care străbat secţiunea Σ în direcţia a.

In adevăr, puterea aparentă complexă totală străbătând secţia Σ este :

$$\overline{S} = \overline{U}_{10} \cdot \overline{I}_1^* + \overline{U}_{20}\overline{I}_2^* + \overline{U}_{30}\overline{I}_3^* = P + jQ \quad (10)$$

în care $\overline{U}_{10}$, $\overline{U}_{20}$, $\overline{U}_{30}$ are semnificaţiile de mai sus, iar $\overline{I}_1^*$, $\overline{I}_2^*$, $\overline{I}_3^*$ sunt valorile conjugate ale celor trei curenţi. Puterile reale şi reactive P şi Q pe care le obţinem astfel sunt :

$$P = U_{10} I_1 \cos\varphi_1 + U_{20} I_2 \cos\varphi_2 + U_{30} I_3 \cos\varphi_3$$
$$Q = U_{10} I_1 \sin\varphi_1 + U_{20} I_2 \sin\varphi_2 + U_{30} I_3 \sin\varphi_3 \quad (11)$$

în care U_{10}, U_{20}, U_{30}, I_1, I_2, I_3 sunt de data aceasta valorile module respective, iar φ_1, φ_2, φ_3 sunt unghiurile de defazaj între U_{10} şi I_1 şi respectiv între U_{20} şi I_2 şi între U_{30} şi I_3.

Sensurile de circulaţie prin secţia Σ a puterilor reale şi reactive P şi Q pot fi diferite potrivit cadranului în care se plasează expresia puterii aparente şi anume :

$$\left\{\begin{array}{ll} \overline{S} \text{ în cadranul 1} & \left\{\begin{array}{l} P \text{ în direcţia } +a \\ Q \text{ în direcţia } +a \end{array}\right. \\ \overline{S} \text{ în cadranul 2} & \left\{\begin{array}{l} P \text{ în direcţia } -a \\ Q \text{ în direcţia } +a \end{array}\right. \\ \overline{S} \text{ în cadranul 3} & \left\{\begin{array}{l} P \text{ în direcţia } -a \\ Q \text{ în direcţia } -a \end{array}\right. \\ \overline{S} \text{ în cadranul 4} & \left\{\begin{array}{l} P \text{ în direcţia } +a \\ Q \text{ în direcţia } -a \end{array}\right. \end{array}\right. \quad (12)$$

Aceste constatări ne pot da indicaţii precise privind întrebuinţarea condensatorilor ca aparate de compensare .

Să presupunem că sensul a adoptat în figura 1 este sensul dela uzină, situată în sectorul A, către utilizare, situată în sectorul B. In acest caz, dacă puterea aparentă se află în cadranele 1 şi 2, putem reduce la 0 puterea reactivă traversând secţiunea, montând unul sau mai mulţi condensatori în sectorul B, îndeplinind condiţia :

$$Q - \Sigma Q_c = 0 \text{ sau}$$
$$U_{10} I_1 \sin\varphi_1 + U_{20} I_2 \sin\varphi_2 + U_{30} I_3 \sin\varphi_3 = 2\omega\Sigma W_e \quad (13)$$

în care ΣW_e este suma energiilor medii ale câmpurilor electrice relative la toţi condensatorii montaţi în sectorul B.

Pentru anularea puterii reactive totale traversând secţiunea Σ, în direcţia a, este indiferent câţi condensatori montăm şi în care puncte ale sectorului B. Totul constă în satisfacerea condiţiei (13). Astfel, de exemplu putem monta un singur condensator cum se indică punctat în figura 1.

Totuşi pe consideraţii de altă natură, şi anume de a nu provoca, sau de a nu intensifica desechilibrajul, condensatorii în sectorul B se montează în mod simetric, în stea (varianta 1) ori triunghiu (varianta 2) din figura 2. La montajul în

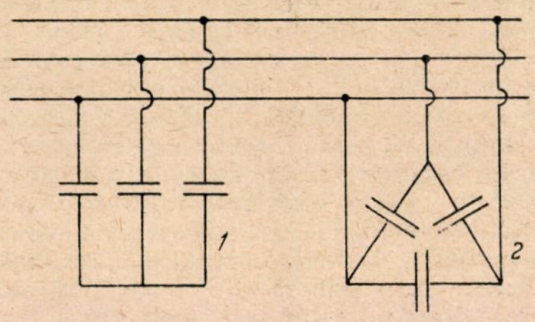


Fig. 2

stea o capacitate de aceeaşi valoare în μF este o construcţie mai economică ea fiind destinată unei tensiuni mai reduse, iar pe de altă parte la montajul în triunghiu, o capacitate de aceeaşi valoare este producătoare de o mai mare putere reactivă, decât la un montaj în stea. Faţă de aceste două consideraţii, oarecum contradictorii, în general montajul în triunghiu este mai indicat.

In orice caz măsurile de a evita fenomenele de desechilibraj sunt indispensabile, întrucât aceste fenomene sunt poate tot atât de supărătoare şi uneori chiar mai supărătoare decât acelea reactive.

Indiferent de natura montajului, este necesar ca plasarea bateriilor de condensatori într'o reţea de distribuţie să se facă cât mai aproape de aparatele consumatoare de putere reactivă, spre a reduce astfel la minimum toate importantele prejudicii care decurg din fenomenul de transport al puterii reactive.

In cazul când prin secţiunea Σ vectorul puterii aparente este în cadranul 3 sau 4, transportul de putere reactivă se face în sens invers. In acest caz nu mai poate fi vorba de a monta condensatori în sectorul B.

In cazul liniilor de transport sub o foarte înaltă tensiune, de multe ori se întâmplă, ca la „extremitatea uzină" vectorul de putere aparentă să fie în cadranul 4, iar la „extremitatea utilizare" în cadranul 1. Acest fenomen este produs de capacitatea liniei de transport. In acest caz poate să fie indicat, ceeace s'a și realizat uneori, ca la liniile de transport să se racordeze inductanțe, aparate consumatoare de putere reactivă, iar pe rețeaua de distribuție să se monteze condensatori, și deci producători de putere reactivă.

In cazul la care ne referim aci, inductanțele în chestiune, pot fi cu succes înlocuite prin motoare sincrone, care prin jocul de subexcitare și supraexcitare reprezintă un mijloc elastic de reglaj, atât al circulației de putere reactivă, cât și al tensiunii în anume puncte convenabil alese ale rețelei.

In legătură cu condițiile de funcționare, mai sus expuse, ale condensatorilor mai adăugăm precizările următoare :

In cazul în care avem mai multe linii de transport în prezență, chiar paralele, putem identifica pe fiecare linie în parte transporturile de putere reală și reactivă în sensul indicat în figura 1 și prin relațiile (10). (11) și (12).

Identificarea pe care o facem pentru o linie este independentă de identificarea pe care o putem face pentru o altă linie. Insuși potențialul de referință V_0 poate fi diferit pentru cele două linii, cu condiția bineînțeles ca fiecare să constitue un sistem complect, prin satisfacerea relațiilor (9) pentru fiecare linie în parte. Aceasta se și practică dealtfel, la măsura puterii reale, pe fiecare linie prin metoda celor două Watmetre, adoptând astfel pentru fiecare linie potențialul său propriu de referință.

In cazul în care condiția prevăzută de relațiile (9) nu e satisfăcută reiese că nu am ținut seama de toate firele care intră în compunerea sistemului complect corespunzător. Aceasta ar fi de exemplu situația unei linii trifazate cu fir neutru. In acest caz ar fi fără sens fizic de a vorbi de un transport valabil de puteri reale și reactive numai prin cele trei fire ale sistemului trifazat fără a introduce și cel de al patrulea fir, constituit de firul neutru. Și de data aceasta ne putem referi la un potențial de origine oarecare spre a determina puterile aparentă reală și reactivă traversând secțiunea Σ, prin expresii asemănătoare relațiilor (10) și (11) de mai sus, dar numai că în acest caz acele relații se vor compune din patru termeni în loc de trei. Putem reduce numărul acestor termeni dela patru tot la trei, cu condiția expresă ca potențialul de referință să nu mai fie oarecare, ci acela al unuia dintre cele patru fire. In particular, dacă luăm ca potențial de referință chiar acela al firului neutru (și nu un potențial de referință oarecare) atunci vom regăsi ecuații asemănătoare cu acelea ale expresiilor (10) și (11) de mai sus.

Deasemenea chiar în cazul unei linii trifazate, fără fir neutru se pot reduce termenii din relațiile (10) și (11) dela trei la doi, dacă luăm ca potențial de referință, chiar pe acela al unuia dintre fire, ca de exemplu potențialul firului 3. In acest caz relațiile (10) și (11) ar deveni :

$$\overline{S} = \overline{U}_{13} \overline{I}_1^* + \overline{U}_{23} \overline{I}_2^* = P + jQ$$

$$P = U_{13} I_1 \cos \varphi_{13} + U_{23} I_2 \cos \varphi_{23} \quad (14)$$

$$Q = U_{13} I_2 \sin \varphi_{13} + U_{23} I_2 \sin \varphi_{23}$$

Puterile P și Q exprimate fie prin relațiile (12) fie prin relațiile (14) au aceeași valoare, fiind deci independente de potențialul de referință.

Prin relațiile (14) regăsim, de fapt, metodele celor două Watmetre și a celor două Varmetre întrebuințate în tehnica măsurilor electrice.

Este adevărat că în relațiile (10), (11) am presupus conductorii de construcție filară ideală.

Din punct de vedere matematic ar fi posibil a introduce chiar în conductori de grosime finită curenți filari elementari având expresii de forma $\overline{j}\, \overline{ds}$, în care $\overline{j}$ este densitatea de curent, cât și potențialele fiecărui curent elementar.

Dar acest fel de a proceda deși posibil, ar introduce o complicație matematică cu totul inutilă din punct de vedere fizic, întrucât toate punctele unei secțiuni a fiecărui fir sunt practic la același potențial și în aceste condiții relațiile (10), (11) pot fi privite ca riguros exacte.

Condensatori serie. In ultimul timp s'au putut realiza condensatori capabili de a putea fi montați în serie pe liniile de transport. S'au putut astfel realiza condensatori de o putere nominală până la 31 MVar, care fiind înseriați în serie pe o linie de transport sub 220 kV, au reușit de a majora capacitatea de transport a liniei cu 25%.

4. CONTRIBUȚIA ȘTIINȚEI ȘI TEHNICEI SOVIETICE

Desvoltarea marilor electrificări în U.R.S.S. cât și mai ales importanța care se acordă de știința și tehnica sovietică tuturor problemelor energetice, era natural să conducă la o adâncire a problemei factorului de putere în instalațiile electrice, acordându-se astfel acestei probleme toată atenția pe care o merită.

Rezultatele obținute au importanța lor, întrucât ele apar ca cercetări ale unui imens laborator, constituit din totalitatea numeroaselor întreprinderi de exploatare și de fabricație, cât și de numeroase instituții științifice.

Știința sovietică preconizează importanța metodelor prealabile de compensare naturală, ajungându-se astfel la următoarele principale concluzii în acest domeniu :

a) compensările naturale sunt capabile de a conduce la rezultate tehnice de o deosebită importanță ;

b) compensările naturale nu sunt încă complect folosite, ele reprezentând deci un mare câmp de realizări în viitor ;

c) compensările naturale, în limita posibilității lor de realizare sunt cele mai economice, ele comportând investiții cu totul reduse sau uneori chiar nule.

d) principalele operații în cadrul măsurilor de compensări naturale ar fi :

— dimensionarea potrivită a motoarelor asincrone și în orice caz evitarea supradimensionării lor ;

— reducerea la minimum a consumului mersului în gol ;

— evitarea pe cât posibil a supradimensionării și a supradivizării transformatorilor ;

— respectarea regimului economic de încărcare a transformatorilor ;

— construirea de motoare asincrone, cu consumații reactive cât mai reduse, prin întrebuințarea de tole magnetice de bună calitate, prin reducerea intrefierului și în general prin reducerea la minimum a curentului de mers în gol, magnetizant ;

— introducerea de motoare sincrone acolo unde procesele de fabricare permit ; bineînțeles e vorba de motoare de oarecare mărime ;

— control serios la operațiile de reparare ale motoarelor asincrone spre a se evita cu aceste ocazii măriri ale intrefierului ;

— organizarea procesului tehnologic de fabricație astfel ca să se realizeze încărcări cât mai economice ale motoarelor, cu sarcini cât mai uniforme, ceeace conduce la reducerea puterii nominale a motoarelor și deci la reducerea de consum de putere reactivă.

La aceste concluzii adăogăm precauția de ordin general de a se realiza motoare și transformatori, cât și în general orice dispozitiv receptor echivalent cu un aparat de inducțiune, astfel ca să se reducă cât mai mult inductanțele fluxurilor de dispersiune.

In ceeace privește sincronizarea motoarelor asincrone, tehnica sovietică o consideră ca o operație care trece pe planul al doilea față de adoptarea pur și simplu de motoare sincrone, acolo unde este posibil.

Operația de sincronizare ar urma a fi privită numai ca o metodă cu totul transitorie, și care nu ar putea fi adoptată decât cu o autorizație specială. Motorul asincron sincronizat trebue privit ca o mașină mai scumpă și cu posibilități reduse de supraîncărcare. Deasemenea motoarele asincrone sincronizate nu trebue privite ca mașini destinate a debita puteri reactive pe rețea.

Condensatori statici. Tehnica sovietică după folosirea tuturor mijloacelor de compensare naturală trece la măsurile așa zise de compensare artificială. Condensatorii statici constitue unele dintre cele mai importante aparate și dispozitive, care se folosesc în acest scop.

Condensatorii statici au început a intra în domeniul aplicațiilor industriale abea în ultimii 25 ani. In acest interval de timp știința și tehnica sovietică a adus o contribuție foarte importantă, atât pe cale teoretică cât și în domeniul cercetărilor de laborator și al aplicațiilor practice. Această preocupare este cu atât mai importantă cu cât deși condensatorul este un aparat static și în aparență simplu, totuși construcția, funcționarea, exploatarea, întreținerea lui pun probleme destul de dificile.

Importante baterii de condensatori s'au instalat deja pe rețelele U.R.S.S. Deja în 1941 pe unele rețele erau montate baterii de o putere reactivă a cărei valoare mergea până la 15% din acea reală. S'a putut verifica că instalarea unei baterii de 20.000 kVar în sistemul bazinului carbonifer din Stalinogorsc a permis mărirea puterii electrice disponibile cu circa 13 000 kW. Unele studii făcute de I. S. Bruck, membru al Academiei de Științe a U.R.S.S. în laboratoarele Institutului energetic au scos în evidență că chiar investiția pentru o mare baterie de 150 000 kVar pe o linie de 220 kV ar fi acoperită de sporirea capacității liniei.

Principalele avantaje ale condensatorilor statici sunt :

a) După GOST 609-41 pierderile unui compensator sincron nu trebue să depășească 55 W/kVar pentru puteri de 1000 kVA, 23 W/kVar pentru puteri de 15 000 kVA. Condensatorii statici au însă o pierdere în medie numai de 5 W/kVar.

b) Pierderile specifice la condensatori statici rămân constante, când variază puterea reactivă debitată Q prin variația numărului de elemente, spre deosebire de compensatorul sincron.

c) Condensatorii permit fracționarea și descentralizarea.

d) Intreținere și supraveghere redusă.

e) Greutate redusă și lipsă de organe în mișcare.

f) Consum mic numai de metale neferoase, cele feroase rămânând disponibile pentru alte utilizări.

Principalele desavantaje de luat în considerație privind condensatorii statici :

a) Nu pot fi folosiți la reglaj de tensiune.

b) In orice caz reglajul este în trepte, iar nu continuu și mai complicat ca la compensatorul sincron.

c) Puterea reactivă produsă variază cu pătratul tensiunii și în sens invers cu necesitățile practice. Când consumul scade și când deci debitul de putere reactivă ar trebui să scadă și el, tocmai atunci tensiunea crește și deci și puterea reactivă efectiv debitată de condensatori.

d) Costul specific e uneori ridicat. Astfel la 6 kV prețul este 76 ruble/kVar, iar la compensatorul sincron 60 ruble/kVar pentru puteri de circa 5 000 kVar și 48 ruble/kVar pentru puteri de circa 15 000 kVar.

In bilanțul acestor proprietăți sunt situații când concluziile sunt în avantajul condensatorilor. In orice caz avantajele de pierderi interne reduse, cât și posibilitățile de fracționare, contează mult în anume limite de tensiune și de puteri.

Tehnica sovietică a rezolvat cu succes problemele constructive foarte delicate ale condensatorilor.

Armăturile sunt din foi de staniol (pe baza de aluminiu). Aceste foi sunt foarte subțiri spre a se reduce greutatea totală. Dielectricul e format din „hârtie specială de condensatori".

Azi tehnica sovietică a înlocuit aproape complect vechea hârtie de cârpe prin aceea de sulfat de celuloză. Hârtiile de condensatori sunt normalizate conform GOST la tipuri de foi de grosimi între 7...12 microni. Hârtia de condensatori este superioară și mai subțire chiar decât foița de țigară, care are 26 microni. Constanta dielectrică a hârtiei 5,5 . . .6 putând fi străpunsă de 300 V la o grosime de 10 microni. Costul pe kg de hârtie este destul de ridicat. Numărul de foițe folosite crește cu tensiunea. Insă chiar la tensiuni joase, pentru siguranță, se folosește cel puțin două straturi. Deobicei se întrebuințează 3 . . 4 foițe.

Impregnarea hârtiei se face cu ulei mineral de genul aceluia de transformator, dar de o puritate mai mare.

Insă deoarece uleiul mineral are o constantă dielectrică relativ redusă (2,2) și o mare degajare de căldură la aprindere (circa 10 000 Kcal/Kg) tehnica sovietică a realizat pe cale sintetică un nou produs de impregnare format din pentacloritfenil, neinflamabil denumit Sovol, care are avantajele :

— constanta dielectrică superioară (5,1) care seamănă cu a hârtiei, conducând la un material mai omogen;

— impregnarea cu Sovol mărește cu circa 50% dielectricul față de acela impregnat cu ulei. Capacitatea crește în consecință reducând astfel cu circa 1/3 consumul specific de staniol și hârtie. Sovolul este complect neinflamabil, ceeace e foarte important.

O oarecare precauție de securitate la fabricație e necesară, deoarece sovolul are proprietăți toxice.

Condensatorii de înaltă tensiune se fabrică atât în monofazat cât și în trifazat.

Pentru puteri reduse, construcția este aproape exclusiv în monofazat. Condensatorii până la 500 V în trifazat.

Pentru condensatori de mare putere, care conțin mult ulei, se adoptă și o cameră de expansiune.

Pentru protecție, armăturile fiecărei secțiuni se leagă la borne prin conductori subțiri, jucând rolul de fuzibili.

In orice caz întreaga instalație se protejează prin fuzibile sau automate. In cazuri speciale, condensatorii sunt protejați contra supratensiunilor, a punerii la pământ și a creșterii de temperatură.

Principalele tipuri de fabricație realizate sunt date în tabela 1.

Tabela 1

Nr.	Faze	Tensiunea V	Puterea Kvar la 50 Hz	I_A	Capac μF	Greutate Kg	Preț ruble/kVar
1	3	220	3,3	8,8	220	23	380
2	3	380	5,0	7,5	110	22	225
3	3	500	8,6	10,0	110	22	145
4	1	3 000	10,0	3,3	3,55	23	76
5	1	6 000	10,0	1,7	0,89	24	76
6		10 000	10,0	1,0	0,32	25	76

Se observă : la tipuri de 3 kV, 6 kV, 10 kV prețul este același, căci se folosesc aceleași tipuri de secțiuni montate în serie.

Pentru joasă tensiune (500 V, 380 V, 220 V) prețul pe kVar în raport cu 1,96 ; 2,95 și 5 față de acei de înaltă tensiune ceeace se explică prin folosirea de mai mult material specific pe măsura căderii tensiunii.

La exploatarea condensatorilor experiența sovietică a ajuns la anumite norme.

Condensatorii se montează în încăperi închise, permițând bune condiții de montaj, control, întreținere. In cazuri speciale se amenajează și baterii mobile și chiar în aer liber protejate în carcasă de oțel.

Temperatura maximă admisibilă 60 °C, iar a uleiului 50 °C. Calculul tehnic presupune o temperatură a mediului ambiant de 35 °C.

Valorile de câmp în dielectric se adoptă pe considerații economice de preț. *Greutatea specifică a hârtiei impregnată pe kVar variază invers proporțional cu pătratul intensității câmpului electric.*

Astfel la cabluri subterane izolate cu hârtie la 6 kV, intensitatea maximă a câmpului este de 2 kV/mm, la cabluri de 35 kV este de 4 kV/mm. In schimb la condensatorii de 380 V, intensitatea câmpului este 11,9 kV/mm, iar la condensatorii de 6 kV este 12,5 kV/mm.

Tehnica sovietică admite o variație de tensiune la condensatori de maximum 15% și numai pentru termen scurt (câteva ore). Pentru lungă durată variația de tensiune trebue să fie foarte redusă, altfel ar varia în mod nepotrivit puterea reactivă debitată și însuși durata condensatorilor ar suferi. Astfel, variații de tensiune de 10% ar conduce pentru puterea reactivă $Q = C\,\omega\,U^2$ la variații între + 21% și — 19%, adică în total circa 40%.

Se știe că în regim nesinusoidal condensatorii absorb un curent mai deformat decât tensiunea aplicată. Acest fenomen de deformare produce numeroase prejudicii, ceeace de fapt constitue o preocupare distinctă de aceea a fenomenelor reactive. Printre aceste prejudicii este și acela al majorării valorii curentului care poate merge până la 165 . . .170%. Prin măsurile luate în tehnica sovietică s'a putut reduce în parte această valoare de curent, astfel încât azi prescripțiunile admit o creștere de curent, datorită deformației curbei de tensiune, de circa 130% față de curentul nominal pentru o tensiune egală cu acea nominală. Prin aceasta se reduce în oarecare măsură puterea deformantă.

Descărcarea condensatorilor. O atenție deosebită s'a dat de tehnica sovietică pentru evitarea fenomenelor care ar putea rezulta din faptul că la deconectare, condensatorii pot rămâne încărcați, ceeace ar risca a produce la reconectare, fenomene transitorii periculoase sau supratensiuni.

S'au realizat astfel, prin cercetările făcute o serie de dispozitive care să permită descărcarea condensatorilor, la deconectare.

Amplasarea condensatorilor. Pe baza cercetărilor atât teoretice, cât și experimentale, tehnica sovietică a ajuns la următoarele concluzii asupra acestei probleme :

Se recomandă astfel a se monta condensatorii :

a) de partea tensiunilor joase de 3...10 kV a stațiilor de transformare a căror înaltă tensiune este 20...110 kV ;

b) la punctele de distribuție cu o tensiune de racord de 3...10 kV ;

c) de partea tensiunilor înalte 3...10 kV a substațiilor care au tensiuni joase de 220... 500 V ;

d) direct la motoarele asincrone și la alte receptoare de putere reactivă.

5. IMPORTANȚA PROBLEMEI PENTRU INSTALAȚIILE ELECTRICE DIN R.P.R.

Această problemă comportă o deosebită importanță pentru instalațiile energetice ale țării noastre și aceasta se referă atât la instalațiile actuale, cât și mai ales la acelea care se vor efectua prin realizarea marii opere de electrificare.

Noi avem industrii caracterizate prin importante consumații de puteri reactive. Este aproape situația tuturor marilor industrii, dar în special a exploatărilor de petrol. Deși factorul de putere mediu în petrol a fost îmbunătățit într'o importantă măsură, totuși această problemă nu este încă epuizată.

După cum am arătat deja, la o electrificare de numai 1 000 000 kW cu o utilizare de numai 2500 h, dacă factorul de putere mediu ar fi de 0,7 în loc de 0,9 ,s'ar pierde în rețea (linii și transformatori) 160 000 000 kWh anual în plus din cauza circulației puterii reactive corespunzătoare acelei diferențe de factor de putere. Această pierdere suplimentară de energie ar corespunde aproximativ la un consum de 16 000 vagoane cărbuni pe an. Astfel de situații nu pot fi ignorate.

Azi o mare instalație de electrificare consistă de fapt din suprapunerea a două categorii de fenomene distincte : o producție, transport și distribuție de putere reală și o producție, transport și distribuție de putere reactivă. Transportul și distribuția de putere reactivă pot cauza uneori prejudicii mai importante decât transportul și distribuția de putere reală.

Toate aceste constatări fac parte dintr'o problemă de ansamblu, care merită o deosebită atenție.

Bibliografie

[1] *Litvac L.* : Problemele ameliorării factorului de putere în întreprinderile industriale (Traducere din limba rusă). București, Editura Energetică de Stat, 1952.

[2] *Poliacov B. A.* : Instalații de condensatori pentru îmbunătățirea factorului de putere. (Ediția 1950 în limba rusă).

[3] *Revista Promîslenaia Energhetica*, Nr. 5 (1949) integral consacrată problemei factorului de putere, conținând articole de *candidat Morozov M., candidat Orchina B., docent candidat Litvac L.*

[4] *Budeanu C.* : Aspecte tehnice ale fenomenelor réactive și deformante. Electricitatea, Nr. 2 și 3 (1951).

[5] *Budeanu C.* : Raport général du comité pour l'amélioration du facteur de puissance (Conferința marilor rețele electrice 1933).

[6] *Budeanu C.* : L'etat actuel du probleme de la puissance réactive (Uniunea Internațională a producătorilor și distribuitorilor de energie electrică 1932).

[7] *Budeanu C.* : Puissances réactives et fictives (Institutul român de energie 1927).

[8] *Dipl. ing. Falk R.* : Der phasenverschobene Strom. Berlin Springer, 1927.

★

ПРОМЫШЛЕННЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Резюме

Напоминаются главные выражения реактивной мощности в однофазном режиме, трехфазном уравновешанном режиме, уравновешанном режиме напряжения и возможном неуравновешанном режиме напряжения и возможном неуравновешанном токе и в неуравновешанном режиме самого общего вида.

Определяется коэффициент мощности (cos φ) на основании некоторых симетричных свойств реактивной и реальной мощностей, в особенности в передающих и расспределительных установках.

Компенсационные способы разделяются на натуральные и искусственые способы компенсации и указывается что работа и использование в промышленной практике электрических конденсаторов входит в категорию искусственых способов.

Потом производится детальный анализ общих положений и наиболее интересных частных положений механизма работы промышленных конденсаторов и на основании теоретического анализа выводятся практические заключения применяемые в различных случаях применительно к линиям электропередачи и распределительным сетям.

Пространно излагается вклад советской науки и техники в проблему компенсации коэффицнента мощности, перечисляя главные достигнутые выводы как в вопросе натуральной компенсации так и искусственой.

Указаны главные достижения советской техники в области строительства статических конденсаторов как однофазных так и трехфазных.

В заключение указывается значение проблемы для электроустановок Р.Н.Р.

NOI METODE DE DETERMINARE A GRADULUI DE UMIDITATE DIN IZOLAȚIA MAȘINILOR ELECTRICE ȘI TRANSFORMATORILOR

M. NISTOR

Se arată cazurile când se produce umezirea izolației. Se dau bazele teoretice și schemele de montaj a celor mai noi metode de determinare a gradului de umiditate utilizate în Uniunea Sovietică. Se descrie o metodă de prevenire a umezirii izolației la mașinile electrice aflate în repaos.

1. CONSIDERAȚII GENERALE

Prezența umidității în izolația mașinilor electrice și transformatorilor este unul din factorii de bază care contribue la scăderea rigidității electrice.

Gradul înalt de higroscopicitate a materialelor izolante duce la o foarte activă absorbire a umezelii.

Imbibarea cu ulei — întrebuințată pe scară mare — nu poate apăra decât în parte izolația de umezeală.

De acest lucru ne putem convinge din următorul exemplu: avem două castronașe pline, unul cu apă, altul cu ulei; cufundăm o bandă de hârtie cu ambele capete în cele două castronașe. După un timp oarecare vom observa cum atât capătul din vasul cu apă cât și cel din vasul cu ulei sunt îmbibate de apă. Imbibarea cu ulei a unui capăt nu a împiedicat pătrunderea apei în porii hârtiei.

In condițiile de exploatare, cele mai frecvente cazuri de umezire a izolației sunt următoarele:

a) Izolația înfășurărilor transformatorilor în cazul:

— scoaterii lor din lucru pentru câteva zile;

— scoaterii bobinajului din ulei și rămânerii lui în atmosferă mai mult de 12 ore;

— aflării transformatorului în exploatare timp îndelungat.

b) Izolația înfășurărilor mașinilor electrice în cazul scoaterii lor din lucru.

c) Manșoanele terminale (de cablu) în cazul ținerii lor deschise mai mult de 24 de ore, etc.

Măsura de prevenire și îndepărtare a umidității — uscarea înfășurărilor — este o operație de foarte mare răspundere. Ea cere multă pricepere, mult timp, material și fonduri. In caz de necunoaștere a procedeelor de uscare și a gradului de umiditate, operația nu poate reuși.

De aceea trebue dată o atenție deosebită problemelor privitoare la determinarea gradului de umiditate.

Determinarea umidității este una din măsurile de bază cu caracter profilactic. Alături de determinarea altor defecte ale izolației, ea ocupă unul din cele mai importante locuri.

Fiind o problemă acută a practicii în industria energetică, ea a fost și este cercetată amănunțit de inginerii și savanții sovietici.

Cu toate acestea, datorită marii diversități a materialelor izolante în ce privește natura lor, rigiditatea dielectrică, etc., nu s'a ajuns încă la stabilirea unor norme precise, cu aplicație generală.

Totuși unele metode și-au câștigat întâietatea și-și găsesc aplicare din ce în ce mai largă. Cele mai întrebuințate metode sunt astăzi următoarele:

— proba prin tensiune ridicată;

— măsurarea rezistenței izolației;

— măsurarea unghiului δ ($\mathrm{tg}\,\delta$);

— măsurarea tensiunii (repartizarea ei) la suprafața izolației;

— măsurarea capacității izolației;

— metoda „capacitate-temperatură" („$C-t$");

— metoda „capacitate-frecvență" („$C-f$").

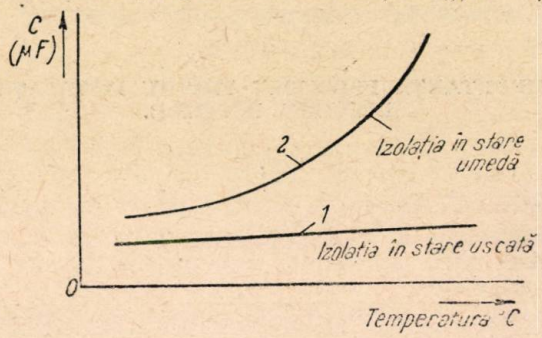


Fig. 1

Presupunând că metodele mai vechi sunt îndeobște cunoscute, ne vom opri mai mult asupra metodelor noi.

2. METODA „CAPACITATE-TEMPERATURĂ" („C – t") (Incălzirea de control)

Metoda aceasta se întrebuințează la transformatori. Ea are la bază faptul că izolația în stare uscată se comportă diferit de cea în stare umedă în cazul când este supusă unei ridicări de temperatură și anume: în stare uscată își micșorează rezistența „de scurgere" pentru curentul variabil odată cu mărirea temperaturii, în timp ce capacitatea ei rămâne constantă; în stare umedă, ridicarea temperaturii provoacă:

a) mărirea însemnată a capacității, datorită măririi conductibilității stratului umed;

b) micșorarea rezistenței izolației față de curentul variabil.

Curba reprezentând funcția $C = f(t^0)$ este arătată în figura 1.

S'a dovedit că diferența de capacități la diferite temperaturi (curba 2) caracterizează numai schimbarea capacității izolației, nu și a uleiului.

Deoarece transformatorii în exploatare lucrează la temperatura de 70...80 °C, ridicarea curbei $C = f(t^0)$ nu presupune încălzire specială. Datorită ultimului considerent, metoda este aplicată în masă la transformatori de multe ori ca metodă de bază cu caracter profilactic.

După datele procurate de Mosenergo, creșterea (schimbarea) de temperatură dintre 20...80 °C provoacă creșterea capacității de 1,5...2 ori.

Practica a stabilit că în cazul când relația $\frac{C_{80^0}}{C_{20^0}} < 1{,}3$ izolația poate fi considerată bună, uscată.

In cazul mașinilor electrice, încălzirea specială este legată de o serie de greutăți cu caracter tehnologic. De aceea nu este recomandabilă în acest caz.

3. METODA „CAPACITATE-FRECVENȚĂ" („C – f")

Metoda „$c - f$" este cea mai nouă în practica sovietică. Este o metodă simplă și dă rezultate pozitive.

Explicația fizică a metodei. Permitivitatea dielectrică ε ($C \equiv \varepsilon$) a dielectricului depinde în foarte mare măsură de umiditatea lui. Se explică aceasta prin fenomenul denumit polarizare interstratulară. Acest fenomen are loc în dielectricii neomogeni și în special în acei dielectrici la care neomogenitatea e determinată de prezența în grosimea lor a mici volume de substanțe semiconductoare (de exemplu apa).

In astfel de dielectrici, după supunerea lor unui câmp electric, în afară de fenomenele obișnuite de polarizație are loc un proces lent de acumulare de încărcări electrice la granița de separație a dielectricului de substanță semiconductoare, adică la suprafața volumașelor.

Acest fenomen provoacă creșterea mărimii ε, care, la rându-i, provoacă mărirea capacității C.

Procesul devine foarte intens în cazul când volumașele au forma unor fibre sau fășii foarte subțiri, cum e cazul la materialele fibroase. Un exemplu grăitor, dovedind justețea teoriei de mai sus și importanța fenomenului pentru practică este următorul: o fibră de acest fel își mărește capacitatea de 11 000 ori, odată cu mărirea umidității dela 0,9 . . .11 %.

Procesul de polarizare interstratulară este un proces foarte lent, și deci pentru ca el să se poată desvolta prin aplicarea unui câmp electric variabil e necesară o frecvență foarte joasă.

Fenomenul nu are loc dacă se aplică un câmp de frecvență înaltă.

La frecvența industrială de 50 Hz fenomenul are loc.

Prin aplicarea câmpurilor de frecvență foarte joasă sau continue, permitivitatea dielectrică ε a unui dielectric conținând doar un mic procent de umiditate, poate să ajungă la mărimi considerabile.

Influența temperaturii. Prin mărirea temperaturii, conductibilitatea substanțelor componente ale dielectricului crește, prin urmare se accelerează procesul de acumulare a încărcărilor electrice.

Concluzii. Capacitatea unui dielectric umed depinde de frecvența câmpului electric aplicat și de temperatură.

Această dependență e cu atât mai mare cu cât e mai înalt gradul de umiditate al dielectricului.

4. MĂSURAREA CAPACITĂȚII

Sunt cunoscute două metode principale:

— metoda punților Wheatstone cu sursă de curent variabil;

— metoda montajului „încărcare-descărcare" (cu sursă de curent continuu).

Analizăm pe scurt doar cea de-a doua metodă, considerând că prima e îndeobște cunoscută.

Schema principială are forma arătată în figura 2.

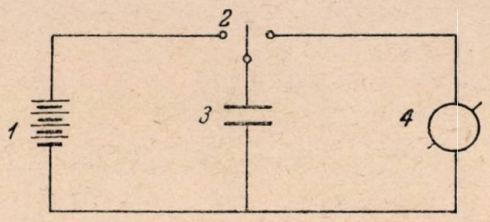


Fig. 2.

1 — baterie; *2* — comutator de frecvență; *3* — capacitatea supusă măsurării; *4* — galvanometru.

Galvanometrul (4) măsoară mărimea medie a curentului I_m. Capacitatea C se determină după formula:

$$C = \frac{I_m}{Uf} \qquad (1)$$

unde f este numărul de comutații.

Acest montaj are avantaje față de montajele în punte fiindcă: pentru a ridica curba $C = f(\omega)$ cu ajutorul montajelor în punte, e nevoie de o frecvență mai joasă decât cea industrială — ceeace nu e întotdeauna posibil de realizat.

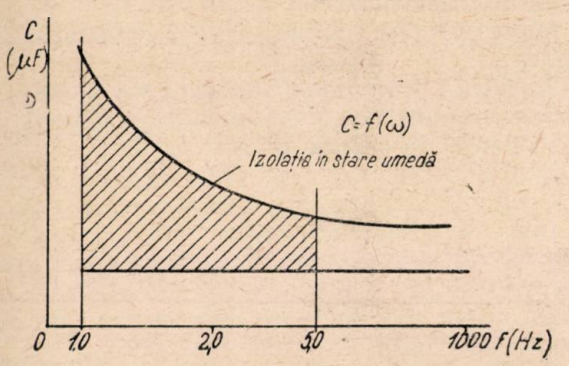


Fig. 3.

Pentru determinarea gamei de frecvențe s'au ridicat curbele (fig. 3 și fig. 4) $C = f(\omega)$ și $\frac{Cf}{C_{50}} = f(\omega)$.

Se poate vedea că cea mai recomandabilă gamă e cea dintre 1 . . .50 Hz.

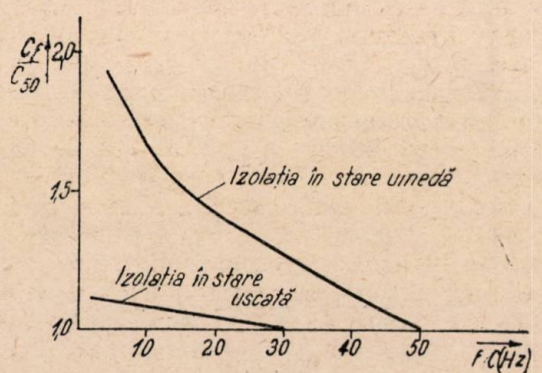


Fig. 4.

Frecvențele alese în calitate de „frecvențe de lucru" sunt: $f_1 = 2$ Hz și $f_2 = 50$ Hz.

Schema montajului de măsurare a capacității la frecvențele de 2 și 50 Hz este arătată în figura 5.

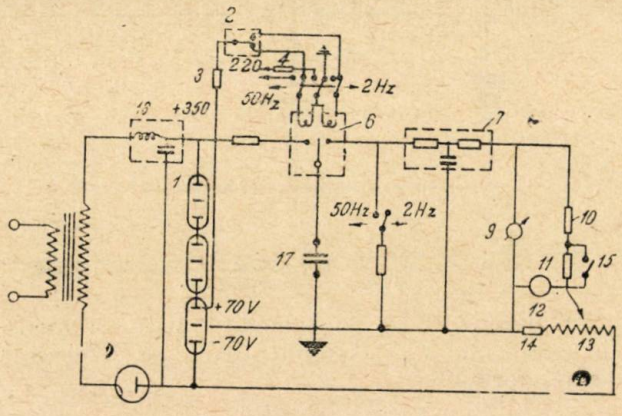


Fig. 5.

1 — stabilizator gazodescărcător; *2* — întrerupător mecanic; *3, 4, 5, 8, 10, 11* și *14* — rezistențe și șunturi; *6* — releu polarizat; *7, 16* — filtru de alimentare și filtrul galvanometrului; *9* — galvanometru dublu; *12* — indicator de capacitate; *13* — potențiometru; *15* — întrerupător; *17* — capacitatea de măsurat.

Realizarea acestui montaj aparține ing. V. B. Culacovschii și ing. B. A. Alexeev. Amănunte se pot obține din articolul ing. Culacovschii din revista „Electricestvo" Nr. 2 (1951).

Montajul este simplu și se recomandă a fi aplicat.

Influența temperaturii de care s'a amintit în partea explicativă a fenomenului poate fi caracterizată de curbele arătate în figura 6.

Din diagramă se poate deduce că sub $t^0 = 20$ °C influența temperaturii aproape nu se resimte.

Dacă se lucrează cu temperaturi mai mari este necesar introducerea unui coeficient corespunzător.

Influența uleiului este demonstrată de diagrama din figura 7.

Caracterul curbelor din diagramă se explică prin aceea că uleiul (care are pe ε mai mare decât aerul) înlocuește toate golurile de aer din izolație, provocând astfel o redistribuire a câmpului electric. Intensitatea câmpului E crește și prin urmare crește și capacitatea C. In cazul când relația $\frac{C_2}{C_{50}} \leqslant 1{,}1$ izolația se consideră bună.

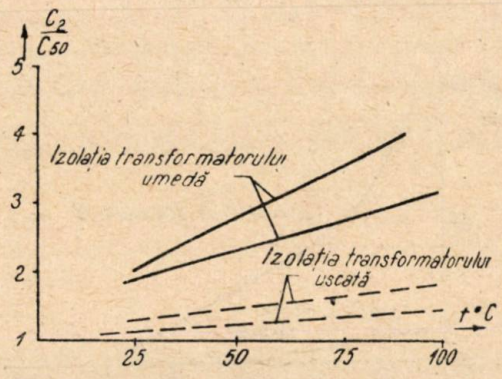


Fig. 6.

Concluzii. Metoda poate fi întrebuințată cu succes în special la transformatori la temperatura de 20 °C.

Aparatul de măsurat capacitatea e simplu și poate fi cu succes fabricat fie de fiecare unitate în parte, fie în serie de către o întreprindere corespunzătoare.

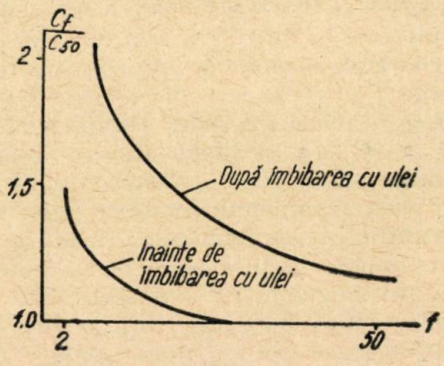


Fig. 7.

Metoda poate fi recomandată după un studiu amănunțit tuturor întreprinderilor interesate.

5. METODA „CURBELOR DE ABSORBȚIE"

(Scheme pentru controlul umidității izolației după timpul de autodescărcare).

Metoda poate fi aplicată în două feluri :

— măsurarea rezistenței izolației cu megometrul ;

— înregistrarea schimbării în timp a curentului de absorbție.

Ambele feluri nu reprezintă decât aplicații ale aceleiași baze teoretice.

Metoda măsurării rezistenței izolației cu ajutorul megometrului

In cazul măsurării rezistenței izolației cu ajutorul megometrului, asupra rezultatelor influențează următorii factori :

— timpul de aplicare a tensiunii asupra izolației ;

— mărimea acestei tensiuni ;

— temperatura izolației.

Astfel, timpul de aplicare a tensiunii poate schimba rezultatele măsurării de 10 ori. Explicația acestui fapt o găsim în diagrama din figura 8 în care sunt reprezentate curbele de variație a curenților existenți în megometru în timpul aplicării tensiunii asupra izolației.

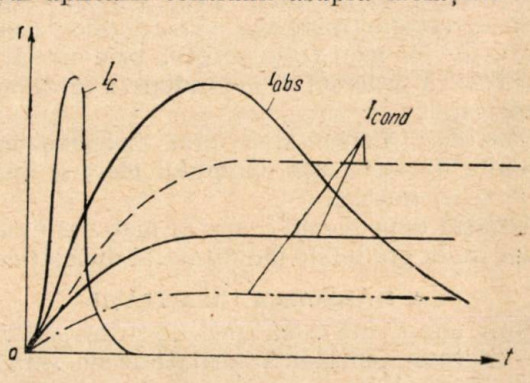


Fig. 8.

I_c — curent de încărcare determinat de schimbarea de tensiune (momentul inițial). Acest curent dispare după un timp $t < 1$ s.
I_{abs} — curent de absorbție care devine nul după un timp de 10...20 minute.

Rezultatele măsurării se ridică deci când: $I_c = 0$; I_{abs} = variabil; I_{cond} = constant. Megometrul arată direct nu mărimea curentului ci a rezistenței izolației, deci din diagramă ne putem da seama că, odată cu trecerea timpului de aplicare a tensiunii ($U \cong$ constant) date, rezistența va crește în măsura corespunzătoare relației dintre curenții I_{abs} și I_{cond}.

Cu cât I_{cond} va fi mai mare în raport cu I_{abs}, adică cu cât izolația va fi mai umedă, cu atat rezistența va crește mai puțin în timp, iar în cazul extrem, aparatul va arăta incontinuu (în tot timpul aplicării tensiunii) aceeași rezistență.

Practic, rezistența izolației se măsoară după 15 s și după 60 s dela momentul aplicării tensiunii.

In cazul unei izolații în stare uscată, R_{15} se va deosebi de R_{60} de câteva ori.

Când $K_{60} = \frac{R_{60}}{R_{15}} \geqslant 2{,}0$ izolația se socotește în stare bună. Date prelucrate de practica sovietică.

Astăzi în Uniunea Sovietică metoda ridicării curbei de absorbție este obligatorie pentru controlul umidității izolației bobinajului alternatorilor atât în timpul uscării cât și în perioada opririlor îndelungate în scopul reparației sau rezervării.

In cazul răspândirii acestei metode e necesar ca organele tehnico-administrative superioare să specifice atât mărirea coeficientului K_{60} cât și temperatura de măsurare.

Ultima complectare e necesară deoarece coeficientul K_{60} depinde în mare măsură de temperatură (fig. 9).

Pentru înlăturarea denaturărilor de măsurare datorite prezenței sarcinilor reziduale, e necesară punerea la pământ a bobinajului statorului.

Inginerul sovietic Sâromiatnicov, în baza experiențelor dela Institutul Țniel Mes recomandă această metodă ca fiind foarte prețioasă.

Același inginer propune să se observe în mod permanent starea bobinajului statorului prin măsurări sistematice ale relației $\frac{R_{60}}{R_{15}}$ în timpul opririi îndelungate a alternatorilor.

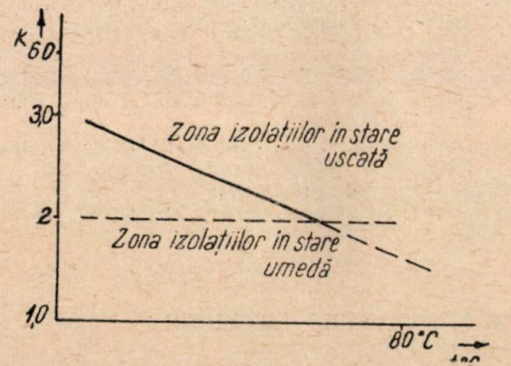


Fig. 9.

Metoda dă posibilitate, într'o serie de cazuri, de a se renunța la uscare, iar în altele de a o înfăptui înainte de terminarea reparației sau montajului.

Autodescărcarea este una din varietățile fenomenului de absorbție. Ea este întrebuințată deasemenea în scopul aprecierii (determinării) stării izolației (în special la cablu).

Metoda este recomandată de ing. Pucicovschii.

Scurta analiză a fenomenului. Intr'un dielectric ideal omogen, după o oarecare încărcare electrică, legea de cădere a tensiunii în timpul autodescărcării ar avea o formă absolut exponențială, iar constanta de timp T_a s'ar determina după formula

$$T_a = RC \qquad (2)$$

unde C se calculează sub frecvența $f = \infty$ (practic: $f = 50$ Hz).

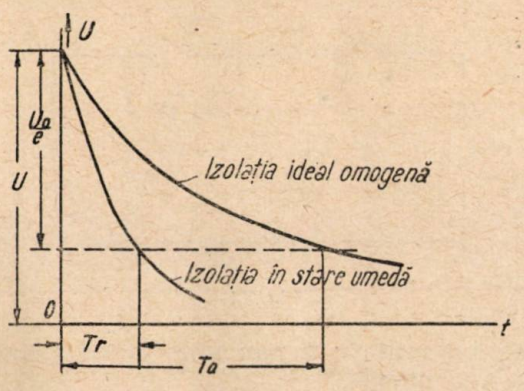


Fig. 10.

Prin urmare, gradul de neomogenitate al izolației poate fi determinat prin câtul dintre timpul real T_r de cădere a tensiunii până la mărimea tensiunii egală cu $\frac{U_o}{e}$ (e — baza logaritmilor naturali) și timpul calculat după formula (2).

Acest cât se numește coeficient de inexponențialitate.

$$K_e = \frac{T_r}{T_a} \qquad (3)$$

Ilustrarea acestui fenomen este dată de diagrama din figura 10.

Măsurările au dovedit că umiditatea influențează în cea mai mare măsură la mersul caracteristicii de autodescărcare.

In cazul unui dielectric umed (izolații în stare umedă) căderea tensiunii autodescărcării se va produce într'un timp mult mai scurt (de zeci de ori, cum a dovedit-o practica) decât în cazul unei izolații în stare uscată.

Această proprietate e întrebuințată cu succes în măsurarea profilactică a izolației mașinilor electrice și în general a aparaturii de tensiune înaltă utilizându-se instalații simple de control.

Cea mai simplă variantă a acestei instalații e reprezentată în figura 11.

Montajul reprezentat prin schema din figura 11 funcționează în felul următor:

a) Se închid întrerupătorii K_1 și K_2 lăsându-se în această poziție 4 . . 5 minute până când condensatorul se încarcă suficient.

b) Se deschide întrerupătorul K_2.

Din acest moment începe să aibă loc autodescărcarea condensatorului sub acțiunea pro-

priilor capacități. Becul cu neon BN se va găsi sub tensiunea :

$$U_D = U_B - U_{iz} \qquad (1)$$

c) Pe măsură ce U_{iz} se va micșora (autodescărcare), diferența U_D va crește în momentul în care

$$U_D = U_{BN}$$

U_{BN} fiind tensiunea de aprindere a becului cu neon, becul se va aprinde.

Ne interesează tocmai intervalul de timp dintre momentul deschiderii întrerupătorului K_2 și momentul aprinderii becului cu neon. Cu cât

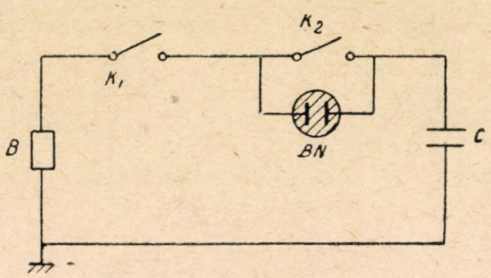


Fig. 11.

acest interval va fi mai mic, cu atât izolația este mai umedă.

In ultimele instalații de acest tip s'a introdus un releu care fixează acest interval și s'au adus modificări menite să perfecționeze simțitor montajul.

6. PREVENIREA UMEZIRII IZOLAȚIEI MAȘINILOR ELECTRICE

In cazul când alternatorii sau motoarele asincrone (de ex.) se găsesc în stare de repaos necondiționată de reparații este de dorit ca mașina să fie în orice moment la dispoziție.

Mașina stând în repaos izolația se umezește și își micșorează rezistența.

In timp de 35 de zile, rezistența izolației unei mașini a scăzut dela 75 MΩ până la 15 MΩ la temperatura de $t = 28\ ^0C$ sub o umiditate de relativ 88%.

Ing. Sâromiatnicov a propus o metodă practică de prevenire a umezirii și anume de a încălzi mașina încontinuu la o temperatură cu 5...10 ^0C mai înaltă decât temperatura mediului înconjurător. O astfel de măsură a dat bune rezultate în Uniunea Sovietică.

Exemplu : avem două motoare de același tip și construcție, care se găsesc în aceleași condiții de temperatură a mediului ambiant, umiditate, etc.

Primul motor este încălzit în permanență cu ajutorul unui curent variabil trecut prin cele trei faze legate între ele în serie.

Al doilea motor rămâne fără încălzire.

Măsurând zilnic rezistența izolației cu ajutorul megometrului, după 60 s (R_{60}) dela momentul aplicării tensiunii construim graficul $R_{60} = f\ (t)$ (fig. 12).

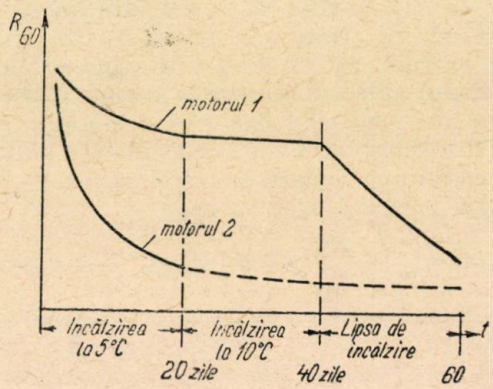


Fig. 12.

Din grafic se poate vedea cum R_{60} (în general rezistența izolației) se poate, în felul acesta menține la nivelul inițial, și deci, mașina e continuu gata de lucru.

Pierderile de energie sunt mult mai mici decât pierderile care ar avea loc în cazul necesității uscării, pentru a repune mașina în funcțiune.

Bibliografie

[1] *Grudinschii* : Exploatația aparaturii electrice.

[2] Ing. *Sâromiatnicov* : Determinarea gradului de umezeală și uscare a transformatorilor și generatorilor (alternatorilor).

[3] Ing. *Lebedev B. P.* : Despre prevenirea umezelii izolației mașinilor electrice.

[4] Ing. *Zvedchin* și ing. *Izraelit T. B.* : Intrebuințarea metodelor de absorbție pentru controlul umidității izolației bobinajului generatorilor (alternatorilor).

[5] Ing. *Culacovschii* : Controlul umidității izolației după metoda „capacitate-frecvență". „Electricestvo" Nr. 2 (1951).

[6] Ing. *Pucicovschii V. V.* : Schema de control a izolației din punct de vedere al umidității ei după timpul de autodescărcare.

[7] Ing. *Pucicovschii V. V.* : Probele izolației mașinilor electrice după metoda autodescărcării.

Articolele se găsesc în revistele :
Electriceschie Stanții, Nr. 6/1945, Nr. 4/1947, Nr. 3/1948 r. 1/1949, Nr. 4/1949, Nr. 7/1949,

★

НОВЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ УВЛАЖНЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И ТРАНСФОРМАТОРОВ

Резюме

Указываются случаи когда происходит увлажнение изоляции. Даются теоретические основы и монтажные схемы новейших методов определения степени увлажненности, применяемые в Советском Союзе. Описывается метод предотвращения увлажнения изоляции электрических бездействующих машин.

DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A INDUCTANȚELOR DE SCĂPĂRI, FOLOSIND O METODĂ DE OPOZIȚIE

Conf. ing. C. ȘORA

După ce se face o introducere teoretică în care se descriu metodele și calculele clasice pentru determinarea inductanțelor de scăpări, sunt arătate diferite montaje pentru determinarea experimentală a inductanțelor de scăpări folosind o metodă de opoziție. Se descriu o serie de măsurători efectuate și se interpretează rezultatele obținute.

A. PRINCIPIUL METODEI

Să ne referim la două circuite electrice, cuplate magnetic (fig. 1). Bobina 1 fiind străbătută de curentul I_1, produce un flux magnetic Φ_{11}. Prin autoinductanța acestei bobine se înțelege raportul dintre fluxul total $\Psi_{11} = w_1 \Phi_{11}$ care o străbate și curentul I_1 care produce acest flux.

$$L_{11} = \frac{\Psi_{11}}{I_1} = \frac{w_1 \Phi_{11}}{I_1}, \qquad (1)$$

în care

w_1, reprezintă numărul de spire al bobinei 1.

O parte din fluxul Φ_{11} pe care-l notăm cu Φ_{12}, străbate bobina 2.

Prin inductanța mutuală, se înțelege raportul dintre fluxul total $\Psi_{12} = w_2 \Phi_{12}$ (w_2 fiind numărul de spire al bobinei 2) și curentul I_1.

$$L_{12} = \frac{\Psi_{12}}{I_1} = \frac{w_2 \Phi_{12}}{I_1}. \qquad (2)$$

In cazul a două circuite electrice cuplate magnetic, în câmpul magnetic al cărora nu avem fier, putem scrie

$$L_{12} = \frac{\Psi_{12}}{I_1} = L_{21} = \frac{\Psi_{21}}{I_2}. \qquad (3)$$

Se vede că în aceste condiții, este indiferent dacă bobina 1 este alimentată și se măsoară fluxul care străbate bobina 2, sau invers.

In timp ce autoinductanța este întotdeauna pozitivă, inductanța mutuală poate avea și semnul minus, după cum liniile de câmp străine care străbat o bobină sunt de același sens, sau de sens contrar cu liniile de câmp proprii.

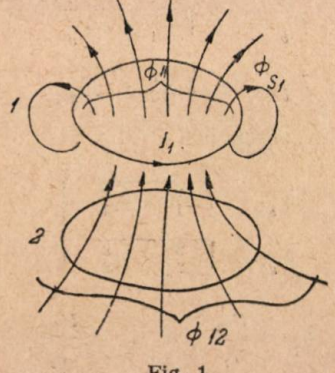


Fig. 1

După cum se vede din fig. 1, o parte din fluxul produs de curentul I_1 notat cu Φ_{s1} nu străbate bobina, ci se închide în jurul propriei bobine. Această parte constitue fluxul de scăpări al bobinei 1. Inductanța corespunzătoare va fi:

$$L_{s1} = \frac{w_1 \cdot \Phi_{s1}}{I_1}. \qquad (4)$$

Ținând seama de notațiile introduse, putem scrie (fig. 1):

$$\Phi_{s1} = \frac{\Psi_{11}}{w_1} - \frac{\Psi_{12}}{w_2} = I_1 \left(\frac{L_{11}}{w_1} - \frac{L_{12}}{w_2} \right) =$$

$$= I_1 \left(L_{11} - \frac{w_1}{w_2} L_{12} \right) \frac{1}{w_1} \qquad (5)$$

de unde

$$L_{s1} = L_{11} - \frac{w_1}{w_2} L_{12} \qquad (6)$$

In mod analog, pentru bobina doua avem

$$L_{s2} = L_{22} - \frac{w_2}{w_1} L_{21} \qquad (7)$$

Să ne referim acum la un transformator monofazat. Ținând seama de vectorul Umov-

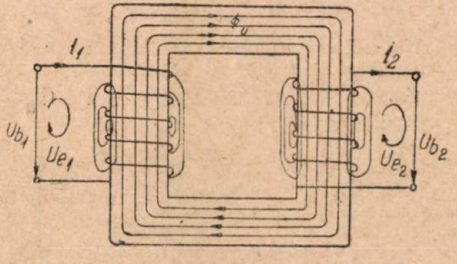


Fig. 2

Poynting, tensiunea la bornele primarului se ia pozitivă după regula dela receptoare, iar cea dela bornele secundarului, după regula dela generatoare (fig. 2). Notând cu R_1 și R_2 rezistențele celor două înfășurări și cu u_{e1} și u_{e2}, f.e.m. induse avem,

$$\left.\begin{aligned} u_{e1} &= R_1 i_1 - u_{b1} \\ u_{e2} &= R_2 i_2 + u_{b2} \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

Legea inducției electromagnetice $U_e = -\frac{d\Psi}{dt}$, ne dă

$$\left.\begin{aligned} u_{e1} &= -\frac{d\Psi_1}{dt} \\ u_{e2} &= -\frac{d\Psi_2}{dt} \end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

în care

$$\Psi_1 = i_1 L_{11} + i_2 L_{21} \qquad (10)$$

reprezintă fluxurile magnetice totale, care străbat cele două înfășurări și sunt produse atât de amperspirele primare cât și de cele secundare.

Relațiile (8) devin

$$\left.\begin{aligned} u_b &= R_1 i_1 + \frac{d}{dt}(i_1 L_{11} + i_2 L_{21}) \\ -u_{b2} &= R_2 i_2 + \frac{d}{dt}(i_2 L_{22} + i_1 L_{12}) \end{aligned}\right\} \qquad (11)$$

Ținând seama de relațiile (6) și (7) obținem

$$\left.\begin{aligned} u_b &= R_1 i_1 + \frac{d}{dt}\left[i_1\left(I_{s1} + \frac{w_1}{w_2} L_{12}\right) + i_2 L_{21}\right] \\ -u_{b2} &= R_2 i_2 + \frac{d}{dt}\left[i_2\left(I_{s2} + \frac{w_2}{w_1} L_{21}\right) + i_1 L_{12}\right] \end{aligned}\right\} \qquad (12)$$

sau

$$\left.\begin{aligned} u_{b1} &= R_1 i_1 + \frac{d}{dt}(i_1 L_{s1}) + \frac{d}{dt}\left(i_1 \frac{w_1}{w_2} L_{12} + i_2 L_{21}\right) \\ -u_{b2} &= R_2 i_2 + \frac{d}{dt}(i_2 L_{s2}) + \frac{d}{dt}\left(i_2 \frac{w_2}{w_1} L_{21} + i_1 L_{12}\right) \end{aligned}\right\} \qquad (13)$$

Fiecare din expresiile $\left(i_1 \frac{w_1}{w_2} L_{12} + i_2 L_{21}\right)$ și $\left(i_2 \frac{w_2}{w_1} L_{21} + i_1 L_{12}\right)$ reprezintă diferența dintre fluxul magnetic total Ψ_1 respectiv Ψ_2 care străbate o înfășurare și fluxul ei de scăpări. Această diferență reprezintă deci, fluxul magnetic principal sau util al transformatorului, la sarcina considerată. Notând cu Φ_u fluxul magnetic util avem :

$$\left.\begin{aligned} w_1 \Phi_u &= i_1 \frac{w_1}{w_2} L_{12} + i_2 L_{21} \\ w_2 \Phi_u &= i_2 \frac{w_2}{w_1} L_{21} + i_1 L_{12} \end{aligned}\right\} \qquad (14)$$

In regim sinusoidal relațiile (12) sub formă complexă devin :

$$\left.\begin{aligned} \bar{U}_{b2} &= R_1 \bar{I}_1 + j\,\omega L_{s1} \bar{I}_1 + j\omega w_1 \Phi_u \\ -\bar{U}_{b1} &= R_2 \bar{I}_2 + j\,\omega L_{s2} \bar{I}_2 + j\omega w_2 \Phi_u \end{aligned}\right\} \qquad (15)$$

care sunt ecuațiile clasice ale transformatorului.

In caz că ambele înfășurări ale transformatorului sunt alimentate, deci se vor comporta ca receptoare avem :

$$\left.\begin{aligned} \bar{U}_{b1} &= R_1 \bar{I}_1 + j\,\omega L_{s1} \bar{I}_1 + j\,\omega w_1 \Phi_u \\ \bar{U}_{b2} &= R_2 \bar{I}_2 + j\,\omega L_{s2} \bar{I}_2 + j\,\omega w_2 \Phi_u \end{aligned}\right\} \qquad (16)$$

Să alimentăm în opoziție cele două înfășurări și să realizăm experimental condiția $w_1 \bar{I}_1 + w_2 \bar{I}_2 = 0$, ceeace înseamnă că amperspirele primare și secundare sunt egale și în opoziție de fază : $w_1 i_1 = -w_2 i_2$. In acest caz relațiile (14) devin

$$\left.\begin{aligned} w_1 \Phi_u &= -i_2 L_{12} + i_2 L_{21} = 0 \\ w_2 \Phi_u &= -i_2 L_{21} + i_2 L_{12} = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (17)$$

din care rezultă că fluxul util al transformatorului este egal cu zero.

In funcționarea normală a transformatorului avem :

$$w_1 \bar{I}_1 + w_2 \bar{I}_2 = w_1 \bar{I}_0 \qquad (18)$$

din care se vede că suma amperspirelor primare și secundare este egală cu amperspirele magnetizante, care nu pot fi niciodată egale cu zero.

Realizarea condiției $\bar{I}_1 w_1 + \bar{I}_2 w_2 = 0$ se constată cu ajutorul unei bobine suplimentare B (fig. 3), la bornele căreia este conectat un

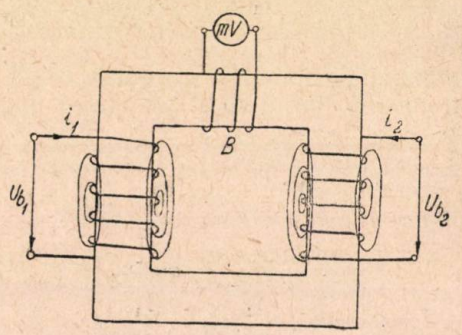


Fig. 3

milivoltmetru. Dacă tensiunea indicată de instrument este zero, înseamnă că și fluxul magnetic util este egal cu zero, deci cele două înfășurări ale transformatorului sunt în opoziție perfectă. In acest caz relațiile (16) devin

$$\left.\begin{aligned} \bar{U}_{b1} &= R_1 \bar{I}_1 + j\,\omega L_{s1} \bar{I}_1 \\ \bar{U}_{b2} &= R_2 \bar{I}_2 + j\,\omega L_{s2} \bar{I}_2 \end{aligned}\right\} \qquad (19)$$

In consecință, singurele căderi de tensiune care intervin, sunt cele ohmice și cele inductive datorite fluxurilor de scăpări. Măsurând tensiunile la borne și curenții, se deduc în mod simplu, din relațiile

$$U_{b1} = I_1 \sqrt{R_1^2 + X_{s1}}$$

$$U_{b2} = I_2 \sqrt{R_2^2 + X_{s2}}$$

reactanțele de scăpări

$$\left.\begin{aligned} X_{s1} &= \sqrt{z_1^2 - R_1^2} \\ X_{s2} &= \sqrt{z_2^2 - R_2^2} \end{aligned}\right\} \qquad (20)$$

în care

$$z_1 = \frac{U_{b1}}{I_1} \quad \text{și} \quad z_2 = \frac{U_{b2}}{I_2}$$

Pentru măsurarea reactanțelor de scăpări se folosesc și alte metode, ca încercarea în scurt-circuit și în gol.

Dar încercarea în scurtcircuit nu dă posibilitatea determinării separate a celor două reactanțe de scăpări. In plus nu se poate ține seama în mod riguros de pierderile prin istereză și curenți turbionari și de pierderile în cupru, deoarece nu se știe cât din pierderi se referă la primar și cât la secundar. La încercarea în gol, se alimentează de exemplu înfășurarea primară a transformatorului, cu tensiunea nominală sau cu o tensiune mai mică și se măsoară curentul de mers în gol i_0 și f.e.m. la bornele secundarului, U_{e2}. Ținând seama de căderea de tensiune ohmică $R_1 i_0$, obținem f.e.m. primară U_{e1} și astfel putem determina reactanța de scăpări din relația

$$I_0 X s_1 = U_{e1} - \frac{w_2}{w_1} U_{e2} \qquad (21)$$

In mod asemănător se determină și reactanța de scăpări a înfășurării secundare. Cu această metodă, este adevărat, putem determina separat cele două reactanțe de scăpări, însă ea prezintă desavantajul că reactanțele de scăpări, rezultă din diferența a două tensiuni aproape de aceeași mărime ceeace face ca măsurătoarea să fie extrem de delicată. Deasemenea se pot produce erori și din cauza curentului de magnetizare nesinusoidal.

B. DESCRIEREA MONTAJULUI

Dacă raportul de transformare este egal cu unitatea $\left(\frac{w_1}{w_2} = 1\right)$ alimentarea în opoziție a celor două înfășurări se face în modul cel mai simplu, ca în fig. 4. Infășurările se leagă în

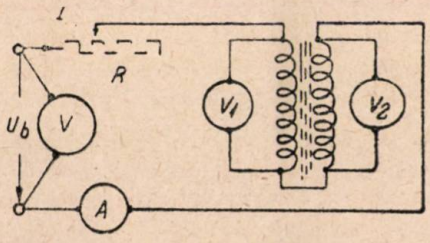


Fig. 4

serie, în așa fel, încât fluxurile pe care ele le produc, să fie de sensuri contrare. Cu ajutorul unei rezistențe variabile R se va stabili în circuit curentul dorit. Tensiunile măsurate cu voltmetrele V_1 și V_2, vor reprezenta suma geometrică a căderilor de tensiune, datorită rezistențelor ohmice și a fluxurilor de scăpări. Este bine, ca consumul acestor voltmetre să fie cât mai mic; deasemenea, aceste voltmetre respectiv rezistențele lor adiționale, trebue astfel alese, încât curenții cari trec prin instrumente să fie egali și în fază. In caz contrar, ca de exemplu la transformatorii de măsură, nesimetria în amperspire provocată de această diferență, poate falsifica într'o mare măsură rezultatele.

Pentru a putea aplica metoda în opoziție, pentru orice raport de transformare, cele două înfășurări trebue alimentate separat. Obținerea condiției $\bar{I}_1 w_1 + \bar{I}_2 w_2 = 0$, care presupune nu numai egalitatea amperspirelor primare și secundare, dar și un defajaz între ele de 180°, impune folosirea unui montaj, care să permită o variație fină a defazajului dintre cei doi curenți. In acest scop ne putem servi de un regulator de inducție. In fig. 5 *a* este arătat montajul

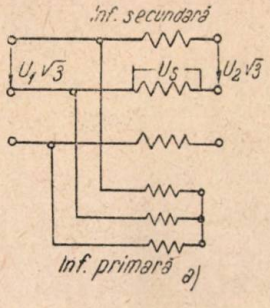


Fig. 5 *a*

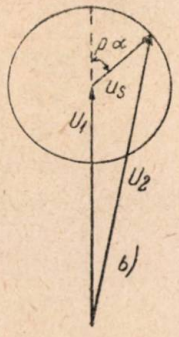


Fig. 5 *b*

unui astfel de regulator, care de fapt este un motor asincron a cărui rotor este ținut pe loc, putând însă fi rotit după voie. F.e.m. induse de câmpul magnetic învârtitor în înfășurarea statorică și rotorică, pot fi defazate între ele, prin rotirea rotorului față de stator. Dacă, de exemplu, axele celor două înfășurări coincid, f.e.m. vor fi în fază. Dacă rotorul este rotit cu un unghiu α f.e.m. în înfășurarea secundară va fi defazată cu unghiul $p\alpha$ față de f.e.m. din înfășurarea primară (p este numărul perechilor de poli). Trebue menționat faptul că f.e.m. indusă în înfășurarea secundară (u_s) nu-și schimbă valoarea (fig. 5*b*). In mod obișnuit rotorul constitue înfășurarea primară și este legat în paralel la rețea, în timp ce înfășurarea statorului este înfășurarea secundară. Defazajul maxim dintre tensiunile U_1 și U_2, este limitat de mărimea tensiunii secundare u_s.

In laboratoarele mai pretențioase, unde există și o instalație de etalonat contoare, este indicată instalarea unui grup de defazare, format dintr'un motor de curent continuu în derivație, care antrenează două generatoare de curent alternativ. Unul dintre generatoare este de construcție obișnuită, pe când la celălalt, construcția statorului permite rotirea acestuia, prin intermediul unei roți dințate. In felul acesta, între tensiunile la bornele celor două generatoare se poate realiza orice defazaj. La măsurătorile efectuate, ne-am folosit de împrejurarea că un astfel de grup este instalat la laboratorul de Electrotehnică a Institutului Politehnic din Timișoara, având următoarele date: motorul de curent continuu 110V, 30A, 3 kW, 1200...1800 rot/min; unul din generatori 3kVA, 3×220/125V, iar celălalt 1,4 kVA, 3×260/150V.

Schema montajului folosit este arătată în fig. 6. Infășurările 1 și 2 ale transformatorului se alimentează dela cei doi generatori, notați în schemă cu G_1 și G_2. Rezistențele variabile R_1 și R_2, conectate în cele două cir-

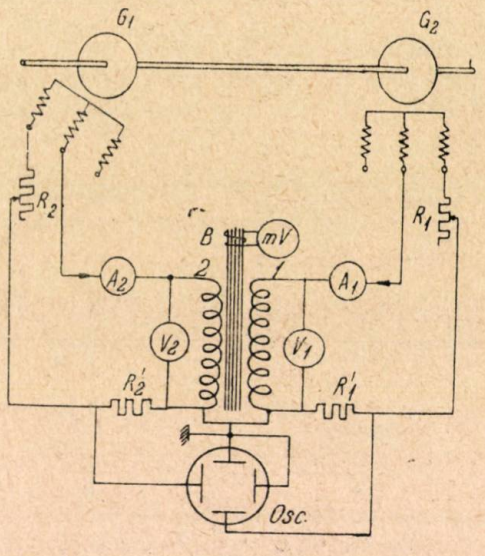


Fig. 6

cuite de alimentare, servesc pentru reglarea curenților i_1 și i_2, în așa fel, încât să obținem egalitatea amperspirelor. Schimbarea defazajului dintre cei doi curenți se face prin rotirea statorului generatorului G_1 față de a generatorului G_2.

Pentru a pune în evidență opoziția de fază, ne servim de un oscilograf. Dacă oscilograful are două spoturi, pe ecranul lui, se va putea vedea foarte ușor, când această condiție este îndeplinită. Oscilografele de care dispun cele mai multe laboratoare, sunt însă cu un singur spot. In aceast caz, pentru a urmări defazajul dintre cei doi curenti, alimentăm plăcile verticale și orizontale ale oscilografului cu două tensiuni în fază cu cei doi curenti. In acest scop, în circuit s'au montat rezistențel R_1' și R_2', la bornele cărora sunt montate cele două perechi de plăci. Vom avea grijă să scoatem în prealabil din funcțiune relaxatorul oscilografului, ceeace la majoritatea oscilografelor, se face printr'un comutator. Când cei doi curenți vor fi în fază sau în opoziție, pe ecranul oscilografului spotul va descrie o dreaptă (fig. 7). Inclinarea dreptei depinde de raportul celor două tensiuni aplicate plăcilor orizontale și verticale. Dacă între cei doi curenți va exista un defazaj, pe ecran va apare o elipsă (figurile lui Lissajou). După cum s'a menționat, pe ecran obținem o dreaptă nu numai când cei doi curenți sunt în opoziție, dar și când sunt în fază. Nu este greu însă să distingem în care din cele două cazuri ne găsim dacă urmărim indicațiile la milivoltmetrul conectat la bornele bobinei suplimentare B, montată pe miezul transformatorului. Pentru a nu da peste cap instrumentul este bine ca la început, până la stabilirea opoziției de fază, să lucrăm cu intensități de curenți mai mici, sau în locul milivoltmetrului să conectăm un voltmetru, deoarece, în caz că amperspirele primare și secundare sunt în fază, tensiunea la bornele acestei bobine va fi mare. Alimentarea în opoziție a celor două înfășurări ($\bar{I}_1 w_1 + \bar{I}_2 w_2 = 0$), este pusă în evidență prin lipsa de tensiune la bornele bobinei suplimentare B ceeace înseamnă, că fluxul util este egal cu zero. Dacă tensiunile cu care se alimentează cele două înfășurări nu sunt sinusoidale, pe lângă erorile pe care le produc armonicile în măsurători, opoziția de fază este destul de dificil de realizat și de observat la oscilograf. Introducerea în circuitele de alimentare a unor inductanțe de valori corespunzătoare poate aduce îmbunătățiri simțitoare. In unele cazuri, dacă inductanțele de scăpări sunt relativ mari, acest efect este obținut fără a mai lua alte măsuri în acest scop. Pentru realizarea montajului în antagonism nu este neapărat nevoie să dispunem de un regulator de inducție sau de un grup de mașini ca cel descris. Se pot folosi montaje clasice din tehnica măsurilor electrice, la care în principiu, schimbarea defazajului se face prin variația unei inductanțe sau a unei rezistențe. Cu titlu informativ, amintim câteva montaje foarte des întâlnite în curent alternativ monofazat.

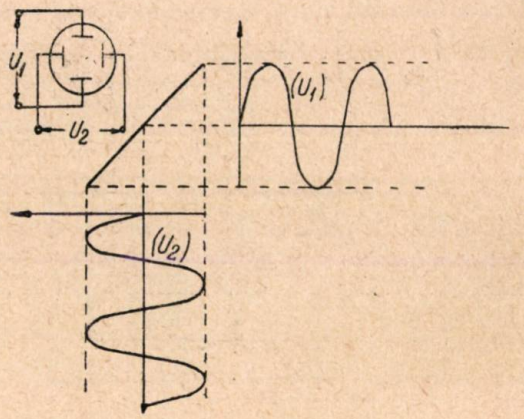


Fig. 7

Un motor asincron trifazat, care este pus să lucreze la o rețea monofazată și la care între

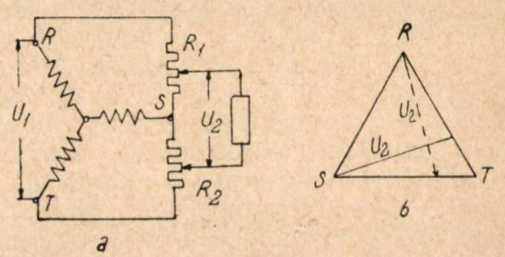


Fig. 8

cele trei borne, sunt montate niște rezistențe variabile, ca în fig. 8, permite realizarea unui

defazaj între tensiunile U_1 și U_2. După ce un astfel de motor este pornit, prin una din metodele cunoscute, el se va comporta în continuare ca un motor asincron trifazat, având un câmp magnetic învârtitor aproape simetric. Între tensiunile U_{RS}, U_{ST} și U_{TR} va exista în consecință un defazaj de aproape 120°, iar între U_1 și U_2 aproximativ ± 60°.

Un alt montaj este cel în punte (fig. 9 *a*), potrivit pentru sarcini relativ mici, până la

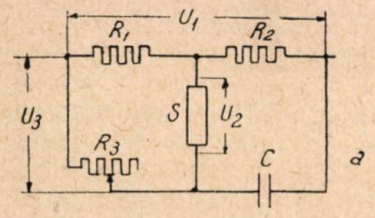


Fig. 9 *a*

aproximativ 20...30 VA. La sarcini S foarte mici, tensiunea la bornele condensatorului, este defazată cu aproximativ 90° înaintea tensiunii U_3, dela bornele rezistenței R_3. Punctul A, mișcându-se pe un cerc, defazajul tensiunii U_2 poate varia cu aproximativ ± 90° față de a tensiunii U_1, fără ca tensiunea U_2

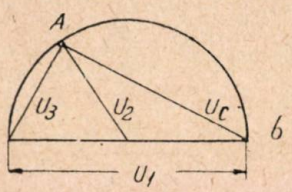


Fig. 9 *b*

să-și schimbe sensibil valoarea. La sarcini mari, diagrama nu mai este un cerc. Ca ordin de mărime, valorile diferitelor elemente din punte, depind de tensiunile U_1 și U_2. In mod obișnuit R_1, R_2 și R_3 sunt de câteva sute de ohmi, iar C de câțiva μF.

C. MĂSURĂRI EFECTUATE

Cazul I. Pe un miez de fier, format din tole de 0,5 mm, sunt montate două bobine, una cu 600, iar cealaltă cu 1200 spire ($w_1/w_2 = 1/2$). Grosimea sârmei, corespunde unor curenți de 2 respectiv 1 A (fig. 10).

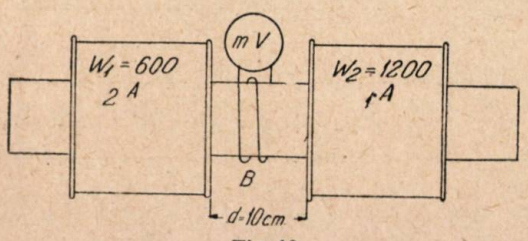


Fig. 10

Suporții celor două înfășurări pot fi deplasați unul față de celălalt. Rezistențele celor două înfășurări sunt: $R_1 = 3\ \Omega$ și $R_2 = 12\ \Omega$. Alimentând în opoziție cele două înfășurări, s'au obținut rezultatele cuprinse în tabela 1 și 2.

Tabela 1

I_1 A	U_1 V	Z_1 Ω	$X_{s1} = \sqrt{Z_1^2 - R_1^2}$	L_{s1} H	Observații
1,08	28,6	26,5	26,3	0,084	$R_1 = 3\ \Omega$
1,5	41,2	27,4	27,2	0,086	$f = 50$ Hz
2	56,5	28,2	28	0,089	
			L_{s1} med =	0,086	

Tabela 2

I_2 A	U_2 V	Z_2 Ω	$X_{s2} = \sqrt{Z_2^2 - R_2^2}$	L_{s2} H	Observații
0,55	54	98,5	97,7	0,311	$R_2 = 12\ \Omega$
0,735	71,5	97,4	96,7	0,308	$f = 50$ Hz
1	96,5	96,5	95,6	0,305	
			L_{s2} med =	0,308	

Inductanțele de scăpări medii, rezultate din măsurători sunt:

$$L_{s1} = 0{,}086\ H$$
$$L_{s2} = 0{,}308\ H.$$

Pentru a verifica aceste valori, s'au determinat experimental autoinductanțele și inductanțele mutuale, valorile obținute, introducându-se apoi în relațiile (6) și (7):

$$L_{s1} = L_{11} - \frac{w_1}{w_2} L_{12}$$

$$L_{s2} = L_{22} - \frac{w_2}{w_1} L_{21}.$$

Montajul folosit în acest scop este un montaj clasic (fig. 11). Se alimentează una din înfă-

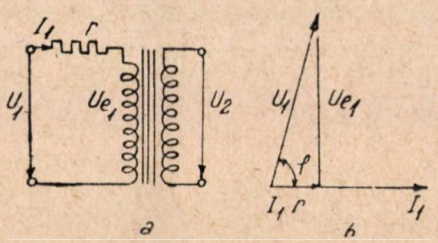


Fig. 11 *a* Fig. 11 *b*

șurări și se măsoară curentul absorbit și tensiunile la bornele celor două înfășurări. Rezistența r din fig. 11 reprezintă rezistența ohmică a înfășurării alimentate. Dacă din tensiunea aplicată la bornele înfășurării, se scade vectorial căderea de tensiune $I_1 r$, se obține f.e.m. U_{e1}. Consumul propriu al voltmetrelor fiind foarte mic, tensiunea măsurată la bornele înfășurării secundare este practic egală cu f.e.m. indusă în această înfășurare U_{e2}. Reac-

tanța proprie a înfășurării alimentare va fi atunci $X_{11} = \frac{U_{e1}}{I_1}$, iar reactanța mutuală $X_{12} = \frac{U_{e2}}{I_1}$. Alimentând acum înfășurarea cealaltă, obținem în mod analog pe X_{22} și X_{21}.

Alimentând bobina 1 s'au obținut rezultatele cuprinse în tabela 3.

Tabela 3

U_1 V	U_{e1} V	I_1 A	$X_{11} = \frac{U_{e1}}{I_1}$ Ω	L_{11} H	U_2 V	$X_{12} = \frac{U_2}{I_1}$ Ω	L_{12} H	Observații
53	52	1	53	0,1685	52,5	52,5	0,167	$P_{Fe} \approx 0$
79,8	79	1,5	53,2	0,1693	78,5	52,3	0,1666	
106	105	2	53	0,1685	103,5	51,75	0,1645	
			$L_{11\,med} = 0,1688$				$L_{12\,med} = 0,1658$	

Din relațiile (6) rezultă :

$$L_{s1} = 0,1688 - \left(\frac{600}{1200}\right) \cdot 0,1658 = 0,0859\,H,$$ față de 0,086 H cât s'a găsit folosind montajul în opoziție.

Dacă se alimentează bobina 2, se obțin următoarele valori :

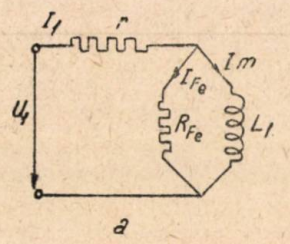
$$U_2 = 99\ V,\ U_1 = 26\ V,\ I_2 = 0,5\ A.$$

$$X_2 = \frac{99}{0,5} = 198\,\Omega,\quad L_{22} = 0,630\ H$$

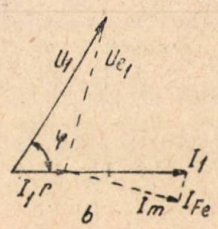
$$L_{21} = \frac{26}{314 \cdot 0,5} = 0,1653\ H \text{ și } L_{s2} = 0,630 - \left(\frac{1200}{600}\right) \times$$
$$\times 0,1653 = 0,309\ H$$ față de 0,0308 H găsit prin alimentarea în opoziție a înfășurărilor.

Nu s'a ținut seama de pierderile în fier fiind neglijabile.

Dacă pierderile în fier sunt neglijabile, avem diagrama tensiunilor din fig. 11*b*. Pentru a ține seama și de pierderile în fier, ne servim de schema echivalentă din fig. 12 *a*, căreia îi corespunde diagrama tensiunilor din fig. 12 *b*. In măsurători mai pretențioase, reactanța proprie se va determina din raportul : $X_{11} = \frac{U_{e1}}{I_m}$. Măsurându-se tensiunea U_1, curentul I_1 și puterea absorbită $[I_1^2 R_1 + I_{Fe}^2 R_{Fe}]$ cu un wattmetru, se deduce defazajul φ și apoi grafic, curentul I_{Fe} și I_m. Problema se poate rezolva și fără wattmetru, dacă în serie cu înfășurarea alimentată se montează o rezistență R cunoscută (fig. 13 *a*). In acest caz, se măsoară tensiunile U_1', u, U_1 și curentul I_1 Grafic, se deduce apoi f.e.m. U_{e1} (fig. 13 *b*).



a



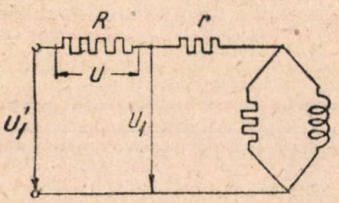
b

Fig. 12 *a* Fig. 12 *b*

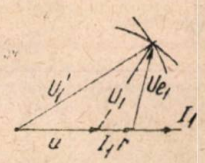
Cazul II. Miezul de fier al transformatorului studiat era prevăzut cu un jug demontabil, pentru a se putea introduce pe cele două coloane diferite bobine. Pentru bobinele alese $w_1/w_2 = 2,88$.

Alimentând în opoziție cele două înfășurări s'au obținut rezultatele din tabelele 4 și 5.

Inductanțele de scăpări medii găsite $L_{s1} = 0,118\ H$ și $L_{s2} = 0,0131\ H$ au fost verificate ca și în cazul *I*, prin determinarea experimentală a inductanțelor proprii și mutuale și calculul inductanțelor de scăpări corespunzătoare, din relațiile (6) și (7).



a



b

Fig. 13 *a* Fig. 13 *b*

Se poate întâmpla, ca datorită unei nesimetrii oarecare, să nu putem realiza în mod

Tabela 4

I_1 A	U_1 V	Z_1 Ω	$X_{s1} = \sqrt{Z_1^2 - R_1^2}$	L_{s1} H	Observații
0,512	19,1	37,5	37,3	0,119	$R_1 = 2,85\,\Omega$
0,7	26	37,2	37	0,118	$f = 50$ Hz
0,872	32	36,8	36,7	0,117	
1,04	41,4	39,8	39,6	0,126	
			$L_{s1\,med} = 0,118$		

Tabela 5

I_2 A	U_2 V	Z_2 Ω	$X_{s2} = \sqrt{Z_2^2 - R_2^2}$	L_{s2} H	Observații
1,48	6,6	4,4	4,37	0,0139	$R_2 = 0,5\,\Omega$
2	8,2	4,1	4,08	0,0130	$f = 50$ Hz
2,5	10,5	4,2	4,16	0,0132	
3	12,4	4,14	4,12	0,0131	
			$L_{s2\,med} = 0,0131$		

riguros alimentarea în opoziție a celor două înfășurări (în care caz milivoltmetrul montat la bornele bobinei suplimentare B nu va indica zero). In astfel de situații, dacă pe miez se pun câteva spire și se scurtcircuitează, fluxul magnetic util care mai rămâne în urma nesimetriei, poate fi redus aproape în întregime.

Măsurătorile făcute, nu au avut ca scop determinarea cea mai exactă a inductanțelor de scăpări. Ceeace s'a urmărit, a fost în primul rând prezentarea metodei experimentale și verificarea rezultatelor obținute. La rezolvarea diferitelor probleme în legătură cu inductanțele de scăpări, nu avem nevoie de o precizie mai mare, decât cea cu care au fost ele determinate folosind montajul în opoziție, deși citirile la instrumente au fost făcute de către o singură persoană, iar operațiunile matematice în cea mai mare parte, cu rigla de calcul. Obiecțiunea care s'ar putea aduce metodei, ar fi aparatajul relativ pretențios, pe care-l necesită montajul. Această greutate este însă mai mult aparentă, deoarece în orice laborator cu posibilități medii se poate realiza un astfel de montaj.

Determinarea inductanțelor de scăpări prin alimentarea în opoziție a celor două înfășurări este o metodă expeditivă și intuitivă. Se știe că calculul inductanțelor de scăpări la transformatori presupune tocmai alimentarea în opoziție a celor două înfășurări, fapt care nu întotdeauna este destul de bine scos în evidență, dacă nu chiar de loc. Dacă s'a afirmat că metoda este intuitivă, a fost tocmai pentru că ea redă ipotezele care stau la baza calculului teoretic al inductanțelor de scăpări.

Bibliografie

Dr. ing. Rădulet Remus: Curs de transformatori electrici

★

ОПЫТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДУКТИВНОСТЕЙ РАССЕЯНИЯ ИСПОЛЬЗУЯ МЕТОД ПРОТИВОПОСТАВЛЕНИЯ

Резюме

После теоретического вступления в котором описываются классические методы и рассчеты для определения индуктивностей рассеяния, указываются различные схемы для опытного их определения, используя метод противопоставления. Описывается ряд произведенных измерений и прорабатываются полученные результаты.

POSIBILITĂȚILE CALCULULUI DE DIMENSIONARE TERMICĂ A SIGURANȚELOR FUZIBILE

Dr. Ing. A. AVRAMESCU

Se discută posibilitățile de a calcula și dimensiona just siguranțele fuzibile din punct de vedere termic. După ce se arată că încercările de a construi în mod empiric formule „simple și sigure" pentru calculul caracteristicilor nu dau bune rezultate, se trec în vedere diferitele metode de calcul în care se pleacă dela fenomenul fizic și prin aproximații succesive se ajunge de a se descrie cu exactitatea dorită fenomenele termice și mecanice care interesează din punctul de vedere al proiectării și construcției juste. Se dă o atenție deosebită calculelor de încălzire, deoarece ele sunt mai dificile, datele inițiale ale problemei nefiind cunoscute totdeauna cu suficientă precizie. Din soluțiile ecuațiilor diferențiale, care oglindesc bilanțul de energie, se pot deduce parametrii care interesează în funcționarea siguranțelor, între altele și curbele caracteristice de funcționare. Experiențe cu impulsuri de curent au arătat unele particularități în comportare de care trebue să se țină seama, confirmând în același timp unele previziuni teoretice. In posesia acestor cunoștințe se poate afirma că există o bază teoretică suficientă pentru calculul și dimensionarea termică a siguranțelor de orice fel.

Avântul puternic luat de industria noastră electrotehnică, în fața sarcinilor crescânde date de planul de electrificare, trebue susținut energic și cu toate mijloacele de inginerii și tehnicienii proiectanți și din exploatare. In programele de fabricație apar necontenit noi tipuri de aparate și mașini electrice, a căror construcție era în trecut apanajul exclusiv al câtorva concerne industriale mondiale. Cu sprijinul tehnic larg acordat de U.R.S.S. se asimilează zilnic noi produse pentru a fi fabricate în mod curent de întreprinderile și muncitorii noștri [1] [1]).

Intre aceste produse, siguranțele fuzibile merită un interes deosebit, atât din cauza rolului lor de a proteja instalațiile contra unor defecte, cât și din cauza dificultăților ce se întâmpină la proiectare, mai ales la tensiuni înalte. Aceste dificultăți sunt cu atât mai evidente, cu cât în ultimul timp s'au realizat mari progrese în construcția lor și această evoluție este în curs.

In literatura de specialitate se oglindește o atitudine relativ pesimistă, privind posibilitățile precalculării siguranțelor [2], date fiind condițiile foarte variabile și necunoscute în prealabil ale ambianței termice, în care ele funcționează. De altfel, acestui din urmă fapt i se datoresc și încercările, fără rezultate mulțumitoare, ale autorilor, de a deduce formule noi, „sigure și simple" pentru calculul curbelor caracteristice de funcționare, destinate a ușura sarcina proiectanților [2], [3].

Atitudini pesimiste sunt de combătut categoric, ca fiind nefondate. Suntem în posesia unor tratate sovietice foarte bine puse la punct,

privind principiile calculului aparatelor electrice în general [4], [5], [6]. Dificultățile apar numai la aplicarea acestor calcule în cazul siguranțelor, din cauza condițiilor de lucru influențate de variații largi ale sarcinei electrice și ale ambianței termice, cât și din cauza fenomenelor complexe ce apar la stingerea arcului electric.

In cele ce urmează se va încerca a se indica maniera rațională de a conduce calculele, aplicându-le la diferite tipuri de siguranțe și diferite domenii de funcționare. Se va arăta că astfel se poate ajunge la predeterminarea parametrilor fundamentali ai siguranțelor cu o exactitate suficientă pentru constructori.

Bineînțeles că numeroase lacune permit și invită la continuarea cercetărilor pentru îmbunătățirea metodelor de calcul. Incercări în acest sens sunt cu atât mai binevenite, cu cât Institutele noastre de proiectare și fabricile nu dispun încă de suficiente cadre cu o înaltă calificare și experiență în calculele de dimensionare și în construcția propriu zisă a produselor electrotehnice.

Spre a înțelege mai ușor formularea matematică, expunerea va începe cu noțiuni privind clasificarea și funcționarea siguranțelor, după care se va trece la examinarea calculelor de dimensionare în cele trei regimuri fundamentale ale siguranțelor considerate separat, anume regimul nominal, de topire și de stingerea arcului.

FUNCȚIONAREA SIGURANȚELOR

1. *Clasificare.* Siguranțele fuzibile sunt cele mai simple dispozitive pentru întreruperea circuitelor în cazuri de scurtcircuit. Protecția oferită contra suprasarcinilor este asigurată numai de anumite tipuri de siguranțe, cu funcționare întârziată. Intreruperea are loc după topirea unui element fuzibil în general filiform parcurs de curentul principal, în instalații de înaltă tensiune după stingerea arcului, care ia naștere în acest caz.

1. 1) După domeniul de aplicare se disting în general trei categorii principale de siguranțe :

— siguranțe cu filet, cele mai cunoscute, întrebuințate în instalații de utilizare, cu tensiuni până la 500 V (STAS 452-455-49) ;

— siguranțe cu mâner, întrebuințate în instalații de distribuție cu tensiuni până la 500 V (STAS 1563-50). La această categorie aparțin siguranțele pentru rețele buclate ;

— siguranțe zise, după forma lor, tubulare, întrebuințate mai ales în instalații de înaltă tensiune.

1. 2) Siguranțele se mai clasifică după protecția firului fuzibil în siguranțe cu fuzibil protejat și neprotejat.

1.3) Criteriul de clasificare ce ne interesează aici cel mai mult, este modul de stingere a arcului. Există siguranțe de tipul întreruptorilor, la care, după topirea firului fuzibil, relativ scurt, arcul este întins printr'o mișcare de translație rapidă a electrozilor de fixare, în care timp un lichid de stingere este proiectat forțat în zona arcului, spre a grăbi stingerea lui.

Un alt tip este acel cu expulsie sau autosuflare de gaze, la care, după topirea fuzibilului, arcul elimină din corpuri adiacente, îmbibate cu rășini, o cantitate mare de gaze, care este proiectată în afara tubului, spălând și răcind zona ionizată a arcului.

La al treilea tip, cel mai recent desvoltat și denumit „cu întrerupere rapidă", firul fuzibil este înconjurat de un mediu de stingere grăunțos din material refractar. Imediat după topirea firului fuzibil, mediul acționează atât de puternic asupra arcului încât influențează esențial mersul curentului, care nu mai poate crește la amplitudini de scurtcircuit, ci rămâne strangulat la valori mult reduse.

Problemele cele mai complicate de dimensionare apar bineînțeles la siguranțele tubulare de înaltă tensiune de cele trei tipuri indicate mai sus.

Calculele trebue să fie bazate pe fenomenele fizice ce apar în siguranțe, iar acestea se analizează în mod rațional, dacă se consideră trei faze diferite în funcționarea siguranțelor,anume faza de regim nominal, de topire și de stingerea arcului.

2. *Comportarea la regim nominal.* Firul sau firele fuzibile se află intercalate în serie pe căile de curent, deci la tensiunea de fază față de pământ, la tensiunea între faze între ele și sunt parcurse fiecare de curentul de exploatare respectiv.

Incălzirea în regim normal a firului fuzibil, este în funcțiune, pe de o parte de variațiile curentului de exploatare, pe de altă parte de condițiile de răcire (montare, temperatură, ambianță etc.). Din acest motiv, condițiile inițiale în cazul unui scurtcircuit când firul fuzibil trebue să se topească, variază în limite largi. In consecință, prescripțiile prevăd marje largi pentru intensitatea de topire a firului fuzibil. Incălzirea se poate urmări din echilibrul energiei termice produse de curent și a căldurii cedate.

Pentru dimensionarea justă a fuzibilelor este foarte important a se putea calcula în prealabil cel puțin temperatura maximă și medie la care firul poate să ajungă sub curentul nominal, în funcție de diferite temperaturi ambiante, deoarece această temperatură trebue luată ca bază pentru calculul fenomenelor de topire.

Este de subliniat că intensitatea nominală a fuzibilului trebue să fie suportată de acesta un timp indefinit, fără a se topi. Intensitatea limită I_{∞}, la care fuzibilul încă nu se topește la o sarcină permanentă, este mai mare decât intensitatea nominală. Intensitatea normală de exploatare se alege deobicei între aceste două limite.

3. *Comportarea la scurtcircuite,* se analizează în cele două faze deosebite de topire a firului fuzibil și de stingere a arcului. Ceeace este caracteristic pentru siguranță este faptul că intensitatea curentului de scurtcircuit este un multiplu mare al intensității nominale. Ca urmare, firul se topește deobicei în cursul primei semiperioade a curentului de scurtcircuit inițial.

In acest interval de timp cedarea de căldură în exterior se poate neglija și considera că toată energia termică a curentului se înmagazinează în firul fuzibil.

După ce firul ajunge la temperatura de topire, mai este nevoie a i se livra și căldura de fuziune ce corespunde masei și materialului firului. Abia după această fază de topire, care în timp poate să fie foarte scurtă, urmează faza de ridicare a temperaturii până la volatilizarea, adică vaporizarea materiei firului, după care începe arcul electric și faza de stingere a arcului. Totuși arcul poate uneori să apară mai curând și anume dacă în urma forțelor electrodinamice ale curentului, de o intensitate foarte mare, firul este rupt în diferite tronsoane chiar înainte de a atinge temperatura de topire și în intervale apare arcul, care în urmă, după topirea și vaporizarea materialului fuzibil, se generalizează.

Arcul ce apare la bornele siguranței trebue stins. Aci se aplică toate cunoștințele din teoria stingerii arcului electric cunoscută din studiul întreruptorilor de putere, de sarcină a descărcătorilor etc. Cu cât mijloacele de stingere sunt mai eficace, cu atât puterea de rupere a fuzibilului crește. Reamintim pe scurt aceste mijloace : suflarea arcului prin curenți de gaze în sens longitudinal, transversal sau turbulent, apropierea coloanei arcului de pereți reci și aplicarea unui mediu de stingere adecuat.

4. *Posibilități de calcul.* Cunoașterea detailată a fenomenelor susamintite dă posibilitatea urmăririi prin calcul ale efectelor termice și dinamice ce apar în regimurile stabile și tranzitorii de funcționare. Aceste efecte reprezintă solicitările ce se aplică materialului, iar acesta se alege și dimensionează astfel ca să reziste tuturor solicitărilor ce pot apare în exploatare.

Ceeace se poate calcula relativ ușor la o siguranță este încălzirea de regim și la scurtcircuit. Mai dificil este urmărirea încălzirii la regimuri intermitente și la suprasarcini. Faza de stingerea arcului se pretează mai mult la calcule calitative, pe când criterii cantitative se deduc mai degrabă din experiențe.

In ceeace urmează se vor indica și exemplifica metodele cele mai raționale de calcul pentru urmărirea efectelor termice.

CALCULUL INCĂLZIRII FUZIBILELOR

5. *Premizele calculelor.* Posibilitățile determinării caracteristicelor principale ale siguranțelor fuzibile sunt limitate din cauza dificultăților de a stabili condițiile de răcire și variația cu temperatura a parametrilor.

Cercetarea teoretică a fenomenului are marele avantaj că descoperă legile generale, dacă se aplică legile similitudinii sistemelor, care ajută în mod considerabil pe constructor, dându-i indicații prețioase asupra relațiilor intime ale parametrilor de care depinde construcția respectivă. Conform acestei teorii se caută a se stabili relații între parametrii care să nu aibă dimensiune, adică să fie cifre. Această metodă utilizată mai ales în teoria convecției, are între altele avantajul de a reduce considerabil numărul parametrilor care influențează fenomenul.

Ecuația fundamentală din care se calculează încălzirea staționară sau transitorie se deduce din legea energiei. Se stabilește bilanțul între căldura produsă și cedată de un element de volum. Sursa de căldură este efectul termic al curentului ce trece prin firul sau firele fuzibile. In regim staționar această căldură se elimină în întregime prin suprafața firului fiind comunicată, la tipuri neprotejate sau cu expulsie direct aerului din tub, din carcasă sau atmosferei libere înconjurătoare. La tipuri cu medii de stingere ea trece întâi prin mediul de stingere apoi prin pereții tubului. Ambele cazuri se pot calcula ușor.

In regim tranzitoriu, trebue să se ia în considerare și capacitatea de a înmagazina căldura a diferitelor straturi parcurse de debitul de căldură. Problemele devin mai complicate, dar ele se pot trata pe baza teoriei analitice a căldurii. Se știe că în cazurile simple temperatura variază în general după o lege exponențială. Integrarea se face ținând seama de anumite condiții inițiale și pe o frontieră care să oglindească, pe de o parte ambianța termică, pe de altă parte forma geometrică a elementului fuzibil și a siguranței întregi.

Astfel, regimuri intermitente se pot urmări ușor prin calcul, dacă se cunoaște constanta de inerție termică a sistemului, alăturând faze de încălzire cu cele de răcire. Soluții grafice sunt oportune în acest caz, din cauza proprietăților geometrice favorabile ale funcției exponențiale (subtangentă constantă).

Dificultatea în acest regim transitoriu este de a se evalua cedarea de căldură către mediul ambiant. Pentru aceasta se poate face apel la teoria convecției și radiației, însă pentru a nu complica analiza, se impun simplificări și neglijări care se fac deobicei în sensul de a se păstra liniaritatea ecuațiilor și a condițiilor de frontieră, condiție esențială pentru posibilitatea suprapunerii cauzelor și efectelor, deci a însumării soluțiilor.

Din soluțiile obținute pentru temperatura firului fuzibil se poate calcula invers durata necesară a încălzirii sub o anumită sarcină de curent până la temperatura de topire, fără și cu variația parametrilor cu temperatura. Aceasta înseamnă că în anumite condiții este posibilă deducerea curbelor caracteristice ale siguranței.

In cazul când sarcina de curent crește atât de mult, încât căldura cedată să devină o fracțiune minimă din cea înmagazinată, atunci prin neglijarea acesteia, se aduce o atare simplificare a ecuației de bază, încât se pot trata consecutiv toate fazele de încălzire, inclusiv topirea și evaporarea metalului fuzibil. Aceste faze se calculează deobicei separat, ținând cont și de variația cu temperatura a parametrilor, apoi se poate face o sinteză, calculându-se timpul necesar pentru evaporarea fuzibilului.

La fenomene atât de rapide, curentul nu se mai poate presupune constant și trebue consi-

derat variabil în timp după o funcție exponențială sau liniară sau, în fine, după funcțiile de impuls cunoscute, ca treapta și impulsul unitar.

In orice caz, aceste calcule dau posibilitatea de a lămuri într'o mare măsură fenomenele ce au loc la arderea fuzibilelor.

6. *Punerea în ecuație a regimului staționar.* 6. 1) Se consideră întâi siguranțele cu fuzibilul în aer. Un fir de diametru d și secțiune circulară s din argint de lungime $2\,l$ se află încastrat între două cleme de cupru foarte masive, având o secțiune $s_1 \gg s$. Origina coordonatelor cilindrice se dispune la mijlocul firului. Diferența de temperatură în secțiunea firului neglijându-se, variația de temperatură se urmărește numai în funcție de coordonata axială.

Puterea termică a curentului și diferența debitului de căldură primit și transmis din și la elemente adiacente trebue disipată prin suprafața laterală a firului în exterior. Expresia matematică respectivă este :

$$\lambda \frac{d^2\theta}{d\xi^2} - \alpha \frac{p}{s} + j^2 \rho = 0 \qquad (1)$$

unde : λ : conductibilitatea termică [W/cm°C], θ : temperatura [°C], α : coeficientul de cedarea căldurii către mediul înconjurător [w/cm²°C], p : perimetrul firului [cm], $s = d^2\pi/4$ secțiunea firului [cm²], j : densitatea curentului [A/cm²], ρ rezistivitatea [Ω cm].

Condițiile la limită necesare pentru determinarea univocă a soluției se referă la simetria centrului, unde gradientul de temperatură dispare și la temperatura în punctele de încastrare $\xi = \pm l$. Aceasta se poate presupune constantă și egală cu temperatura mediului ambiant $\theta = 0$, ceeace înseamnă răcire perfectă. Mai aproape de realitate se poate presupune o cedare limitată de căldură la cleme după legea :

$$-\lambda \frac{d\theta}{d\xi} = \eta_1 \theta \text{ la } \xi = \pm l \qquad (2)$$

unde η_1 este un coeficient de cedare a căldurii.

In cele ce urmează se vor elimina dimensiunile din ecuația diferențială de bază, spre a se obține prin legile similitudinii rezultatul matematic, indiferent de dimensiuni și de dispoziție locală. In acest scop se impune a se lua ca temperatură de referință sau temperatură ambiantă, temperatura staționară la care ar ajunge firul în cazul când n'ar fi încastrat. Această temperatură rezultă din ecuația (1) prin neglijarea primului termen, a mișcării axiale a căldurii :

$$\Theta = \frac{j^2 \rho s}{\alpha p} = \frac{j^2 \rho d}{4\,\alpha}. \qquad (3)$$

Mai este convenabil de a introduce o nouă coordonată axială numerică :

$$x = \frac{\xi}{X} = \xi \sqrt{\frac{\alpha p}{\lambda s}} = 2\,\xi \sqrt{\frac{\alpha}{\lambda d}}. \qquad (4)$$

Cu aceste notații ecuația (1) se reproduce pentru noua funcțiune de câmp $u = \theta/\Theta$ la :

$$\frac{d^2u}{dx^2} - u + 1 = 0. \qquad (5)$$

Condiția unei răciri perfecte la cleme devine

$$u = 0 \text{ la } x = \pm x_1 = \pm \frac{l}{X} \qquad (6)$$

iar în centru simetria cere

$$\frac{du}{dx} = 0 \text{ la } x = 0. \qquad (7)$$

Soluția ecuației (5), care corespunde acestor condiții este :

$$u = 1 - \frac{\operatorname{ch} x}{\operatorname{ch} x_1} \qquad (8)$$

care la centru $x = 0$ dă temperatura numerică maximă :

$$u = 1 - \frac{1}{\operatorname{ch}\, x_1} \qquad (9)$$

Gradientul la capete are valoarea : $u' = -\operatorname{th} x$

Dacă *răcirea* la cleme *nu* se consideră *perfectă*, ci conformă legii (2), atunci condiția (6) se înlocuește cu :

$$\frac{du}{dx} = -hu \text{ la } x = \pm x_1 \qquad (10)$$

unde

$$h = \frac{\eta_1}{\lambda} X = \frac{1}{g}. \qquad (11)$$

Soluția problemei este dată în acest caz de expresia :

$$u = 1 - \frac{\operatorname{ch} x}{\operatorname{ch} x_1 + g \operatorname{sh} x}. \qquad (12)$$

Temperatura maximă la mijloc este :

$$u_0 = 1 - \frac{1}{\operatorname{ch} x_1 + g \operatorname{sh} x} \qquad (13)$$

iar cea minimă la cleme :

$$u_1 = 1 - \frac{1}{1 + g \operatorname{th} x} \qquad (14)$$

unde gradientul este

$$u_1' = -\frac{1}{\operatorname{cth} x_1 - g}. \qquad (15)$$

Dacă temperatura se referă la valoarea maximă rezultă în loc de (9) și (12) expresii care pot fi convenabile pentru reprezentări grafice. Soluția în cazul răcirii perfecte se pretează ușor la o reprezentare cu x ca parametru (fig. 1).

Pentru ilustrarea comportării firului fuzibil la răcire imperfectă, s'a reprezentat repartizarea staționară a temperaturii în fir în funcție de coordonata axială relativă, x/x_1, având coeficientul h ca parametru, iar lungimea relativă constantă (figura 2).

Lungimea fuzibilelor fiind cunoscută se pot desena toate curbele de repartizare în funcție de coeficientul de cedare a căldurii la cleme.

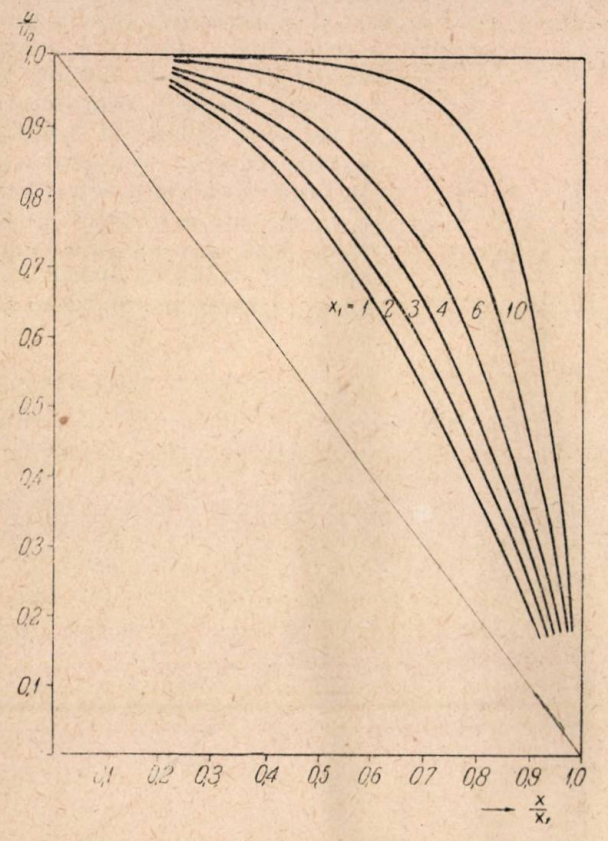


Fig. 1. Repartizarea temperaturii staționare într'un fir fuzibil răcit perfect la capete în funcțiune de lungimea relativă x

Având în vedere că la încălzirea de regim temperaturile nu întrec în mod normal 300 °C, în acest interval parametrii se pot considera constanți și egali cu valorile medii în intervalul de temperatură respectiv.

6. 2) In cazul când firul este înconjurat de un mediu lichid sau grăunțos de stingere, calculul se conduce similar, cu diferența că cedarea de căldură se consideră pe suprafața exterioară a tubului sau carcasei. Pentru siguranțe tubulare, lungimea tubului fiind în general mare față de diametru, influența capetelor se poate neglija (ceeace dă valori intermediare pentru temperatura) și formularea matematică rezultă din egalitatea între puterea calorică produsă în firul fuzibil și căldura cedată prin suprafața exterioară a tubului aerului ambiant.

$$RI_n^2 = \alpha_t S (\theta_t - \theta_0) = \alpha_t S \theta \qquad (16)$$

unde S este suprafața exterioară a tubului, iar α_t coeficientul de transmiterea căldurii către un mediu de temperatura θ_0.

Rezultă următoarea expresie pentru supratemperatura peretelui exterior:

$$\theta_t = \frac{4 \rho l I_n^2}{\pi d^2 \alpha S} \qquad (17)$$

sau pentru curentul nominal la o supratemperatură dată a peretelui

$$I_n = \frac{d}{2} \sqrt{\frac{\pi \alpha S \theta_t}{\rho l}} \qquad (18)$$

Bineînțeles că se poate lua în considerare și cedarea de căldură la capete și anume atât aceea a firului fuzibil, după calculele anterioare, cât și cea a tubului însăși. Această complicație însă nu este în general cea indicată, din cauză că rezultatele de mai sus sunt acoperitoare pentru constructor.

7. *Încălzirea și topirea la scurtcircuit.* Faza de topire a fuzibilului urmează deobicei după o fază de regim. Curentul crește instantaneu la valori foarte mari față de curentul normal.

Firul are o repartizare staționară de temperatură în funcție de dimensiuni, condiții de răcire, sarcina anterioară etc., este adus de obicei în prima semiperioadă, adică în fracțiuni de secundă, la topire. In această fază, cedarea de căldură către mediul ambiant se poate neglija, în schimb trebue să se țină seama de variația tuturor parametrilor de material cu temperatura.

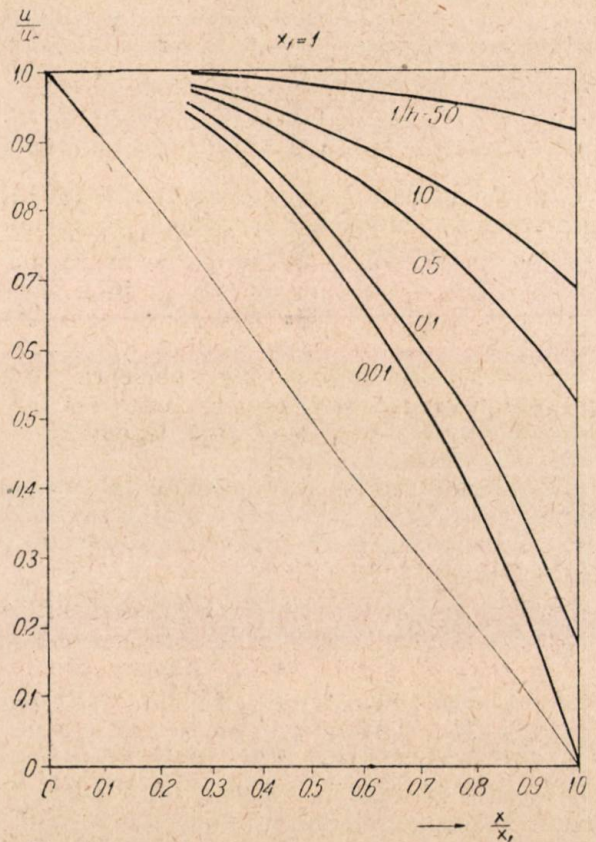


Fig. 2. Repartizarea temperaturii într'un fir fuzibil în funcție de răcirea la cleme.

Firul absoarbe în timpul fuziunii o cantitate de căldură constantă, numită căldură de fuziune, temperatura menținându-se constantă.

Materia topită a firului continuă a se încălzi sub acțiunea curentului care se scurge prin metalul topit până când acesta se evaporă. Rezistivitatea electrică a materialului topit este un multiplu al valorii din starea solidă, deci

curentul este micșorat prin creșterea rezistenței.

In cursul și după faza de topire și evaporare, se poate considera că firul își pierde consistența sub acțiunea forțelor electrodinamice, a curenților de aer turbulenți și a gravitației și se desintegrează, locul lui fiind luat de arcul electric.

Din ecuația diferențială (1) se elimină termenii pentru răcire laterală și conductibilitate axială

$$\frac{d\theta}{dt} = j^2 \frac{\rho}{\gamma c} \qquad (19)$$

Termenul din dreapta dă viteza de creștere a temperaturii, și se poate numi „intensitatea încălzirii" notându-se cu A.

Condiția inițială rămâne : $\theta = \theta_0$ *la* $t = 0$ unde θ_0 este temperatura maximă staționară dela care începe încălzirea până la topire.

Parametri de material din termenul al doilea (19) variază cu temperatura. Fenomenul evoluând spre temperaturi ce ating temperatura de topire (961 °C pentru Ag) această variație trebue luată în considerare.

7. 1) Considerând într'o primă aproximație funcția de temperatură a mărimii $\rho/\gamma c$ liniară, coeficientul luându-se pentru Ag $\varepsilon = 3{,}14 \cdot 10^{-3}$, soluția ecuației diferențiale (18) se poate scrie :

$$\theta = \frac{1}{\varepsilon}(e^{\varepsilon A_0 t} - 1) \qquad (20)$$

Cum din natura problemei diferența de temperatură este cunoscută, convine a se rezolva expresia în funcție de integrale de timp :

$$A_0 t = \frac{1}{\varepsilon} J_n \ (1 + \varepsilon\, \theta). \qquad (21)$$

Din această ecuație se poate stabili timpul de topire dacă se cunoaște sau valoarea constantă a curentului, sau integrala de curent, în cazul când acesta variază.

7. 2) Pentru a se evita calcule laborioase, soluția poate să fie dată mai precis și mai ușor dacă se adoptă metode grafice de integrare și reprezentare [7].

Valorile curbei de încălzire rezultă după lucrările autorului, din integrala :

$$\int_0^t j_0^2\, dt = \left(\gamma \frac{c}{\rho}\right)_0 \int_0^\theta \psi \left(\frac{c}{\rho}\right)_\theta d\theta \qquad (22)$$

unde ψ este funcția de temperatură a dilatației lineare. Funcția de temperatură de sub integrală se poate pune $1/(1 + \varepsilon_1\, \theta - \varepsilon_2\, \theta^2)$ rezultând :

$$\theta = \frac{A_0}{\sqrt{\Delta}\, \mathrm{cth}'\, t\sqrt{\Delta}) - \delta} \qquad (23)$$

unde :

$$\delta = \frac{1}{2}\varepsilon \qquad \Delta = \delta^2 + \varepsilon_2. \qquad (24)$$

Cu aceste valori s'a trasat curba de încălzire pentru argint, care în figura 3 este reprezentată în funcție de temperatura staționară inițială, dela care pornește încălzirea până la topire.

7. 3) In cazul când se poate neglija cedarea de căldură în afară, analiza încălzirii se poate extinde până în faza de evaporare, cuprinzând și cele două faze de schimbarea stării, din solidă în lichidă și din lichidă în gazoasă, luând în considerare în oarecare măsură și variația parametrilor cu temperatura. In fazele de schimbare a stării, temperatura se menține constantă, însă parametrii de material își schimbă brusc valoarea. Dacă se consideră că

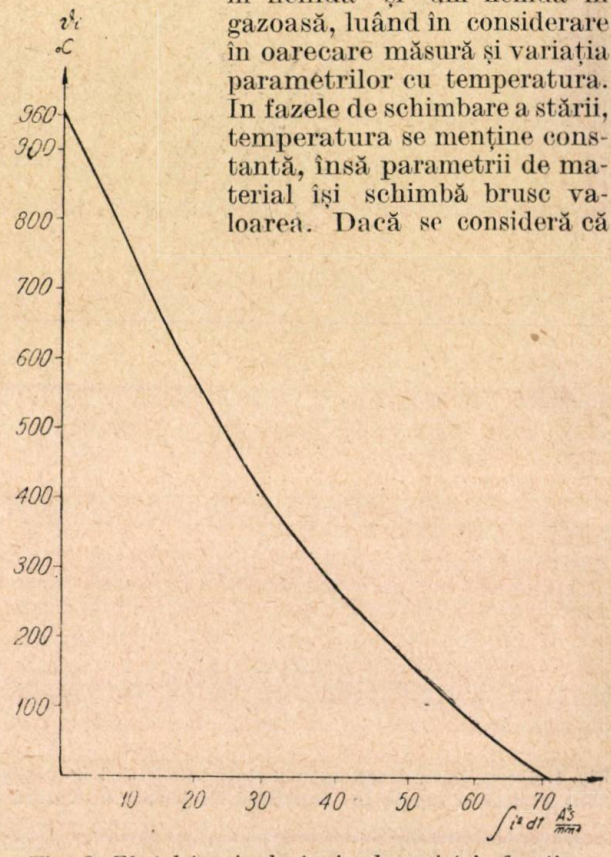


Fig. 3. Efectul termic de topire la argint în funcție de temperatura inițială.

schimbarea de stare se face progresiv dinăuntru în afară, atunci și în aceste faze se poate introduce o continuitate, necesară pentru simplificarea calculelor.

Astfel, rezistența instantanee în faza de topire se poate obține din relația :

$$\frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{l}\left(\frac{s_1}{\rho_2} + \frac{s - s_1}{\rho_1}\right) \qquad (25)$$

unde ρ_1 se referă la faza solidă, ρ_2 la cea lichidă, iar $s_1 > s$ este secțiunea interioară în care materialul a trecut la faza lichidă. Bilanțul de energie în această fază se poate scrie

$$(\gamma c)_2\, l ds = R_{12}\, i^2\, dt = R_{12}\, I_0^2\, f^2(t)\, dt \qquad (26)$$

integrarea făcându-se pe de o parte pe secțiunea întreagă dinăuntru în afară, pe de altă parte față de timp, luând în considerare variația în timp a intensității curentului.

Diferite funcții de timp corespunzând curenților de impuls și de scurtcircuit au fost integrate de autor [8].

Funcția de timp cea mai simplă și mai apropiată de realitate este funcția exponențială

$$f(t) = 1 - e^{-\frac{t}{T}} \qquad (27)$$

care apare la aplicarea bruscă a unei surse de tensiune electromotoare continue unui circuit cu rezistență și inductanță, $T = L/R$, fiind constanta de timp electrică a circuitului.

Creșterea curentului este la început lineară, această alură fiind deci valabilă atunci, când intensitatea curentului de scurtcircuit este foarte mare. Comportarea la curenți alternativi este similară, deoarece în calcule intră numai pătratul curentului. Mai precis ar trebui să se considere și faza momentului de anclanșare pe scurtcircuit, însă în general, atât teoretic cât și experimental (cu ajutorul întrerupătorilor sincroni), se pleacă dela trecerea prin zero a tensiunii spre a se obține valori comparabile.

In faza de evaporare rezistența crește invers cu secțiunea evaporată :

$$P_v = \rho_3 \frac{l}{s - s_1} \tag{28}$$

ρ_3 fiind valoarea rezistivității în stare lichidă la începerea evaporării. Ecuația de echilibru se scrie în acest caz :

$$(\gamma c)_4 \, lds = R_v I_0^2 f^2 (t) \, dt. \tag{29}$$

Durata totală a întreruperii rezultă din însumarea duratei celor patru faze. Se poate defini astfel o constantă de inerție a fuzibilului, care nu depinde de forma curentului, ci numai de parametri de material.

7. 4) La siguranțele rapide strangularea arcului este atât de eficace încât curentul descrește imediat după topirea fuzibilului. Astfel curentul de topire este valoarea maximă ce se poate atinge în cursul funcționării. Calculul acestei mărimi importante și stabilirea parametrilor de care depinde, se poate face cu ajutorul următoarelor ipoteze simplificatoare :

— creșterea curentului se consideră lineară ;

— se neglijează căldura cedată de firul fuzibil prin convecție și radiație în timpul topirii.

Energia curentului se consumă numai prin ridicarea energiei interioare, deci a temperaturii după legea :

$$\int_0^{t_t} i^2 R \, dt = a l s \gamma c \, (\theta_t - \theta_0) \tag{30}$$

în care :

$R = \rho \frac{l}{s}$ rezistența momentană a firului până la topire ;

a = un factor pentru luarea în considerare a căldurii latente de topire.

Intensitatea momentană a curentului se poate exprima prin :

$$i = \sigma t$$

unde σ este panta maximă a creșterii curentului în A/s.

După efectuarea integrării față de timp, care dă

$$\sigma \int_0^{t_t} t^2 \, dt = \frac{\sigma^3 t_t}{3\sigma} = \frac{I_t^3}{3}$$

concentrând constantele și notând

$$C_1 = 3 a \left(\frac{\gamma c}{\rho}\right)_m (\theta_t - \theta_0)$$

unde indicele m înseamnă valoarea medie în intervalul de temperatură considerat, se obține curentul de topire sub forma

$$I_t = C_1 \sqrt[3]{s^2 \sigma} \cdot \tag{31}$$

Practic, se recomandă introducerea amplitudinii inițiale I_0 a componentei alternative a curentului de scurtcircuit, care la frecvența f are panta maximă corespunzătoare. Constanta C_1 se înmulțește cu factorul $\sqrt[3]{2\pi}$ spre a primi o nouă constantă C_2, cu care ecuația (3) se scrie

$$I_t = = C_2 \sqrt[3]{s^2 I_0 f} \cdot \tag{32}$$

Cum secțiunea s crește aproximativ cu puterea 1,5 a curentului nominal I_n al fuzibilului, rezultă în cele din urmă

$$I_t = C_3 I_n \sqrt[3]{I_0 f} \cdot \tag{33}$$

Deci curentul de topire crește numai puțin, anume cu rădăcina cubică a curentului de scurtcircuit, în schimb linear în funcție de curentul nominal al fuzibilului. Este de remarcat că pentru valoarea curentului de topire este indiferent dacă secțiunea respectivă este adăpostită într'un singur tub sau în mai multe tuburi legate în paralel.

9. *Calculul încălzirii intermitente.* In cazul variațiilor de sarcină cât și la suprasarcini ce intervin în mod curent în exploatare, firul trece prin diferite regimuri cu caracter tranzitoriu. Se ia în considerare atât cedarea de căldură către mediul ambiant, cât și înmagazinarea ei în elementele siguranței.

Dacă se neglijează de data aceasta mișcarea laterală datorită influenței clemelor, atunci în ecuația (1) termenul întâi se înlocuește cu puterea termică înmagazinată : $\gamma c \, d\theta/dt$ și rezultă pentru supratemperatură noua ecuație diferențială

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{\alpha}{\gamma c} \frac{p}{s} \theta - j^2 \frac{\rho}{\gamma c} = 0 \tag{34}$$

cu condiția inițială $\theta = \theta_1$ care se poate simplifica, eliminând dimensiunile prin introducerea notațiilor :

$$y = \frac{\theta}{\theta_t}, \; y_\infty = \frac{\Theta}{\theta_t} = \frac{AT}{\theta_t}, \; T = \frac{\gamma c s}{\alpha p}, \; \tau = \frac{t}{T}$$

unde θ_t este temperatura de topire, devenind :

$$\frac{dy}{d\tau} + y = y_\infty \tag{35}$$

cu condiția

$$y = y_1 \text{ la } \tau = 0.$$

Soluția ei este

$$y = y_\infty(1 - e^{-\tau}) + y_1. \qquad (36)$$

Temperatura de topire $y = 1$ se atinge în timpul numeric

$$\tau = \ln \frac{y_\infty}{y_\infty - (1 - y_1)}. \qquad (37)$$

Cu temperatura inițială y_1 ca parametru, timpul de fuziune s'a reprezentat în figura 4 în funcție de intensitatea curentului, proporțională cu $\sqrt[3]{y_\infty}$. Diagrama reprezintă de fapt curbele caracteristice ale siguranțelor într'o primă aproximație, când parametrii se consideră constanți.

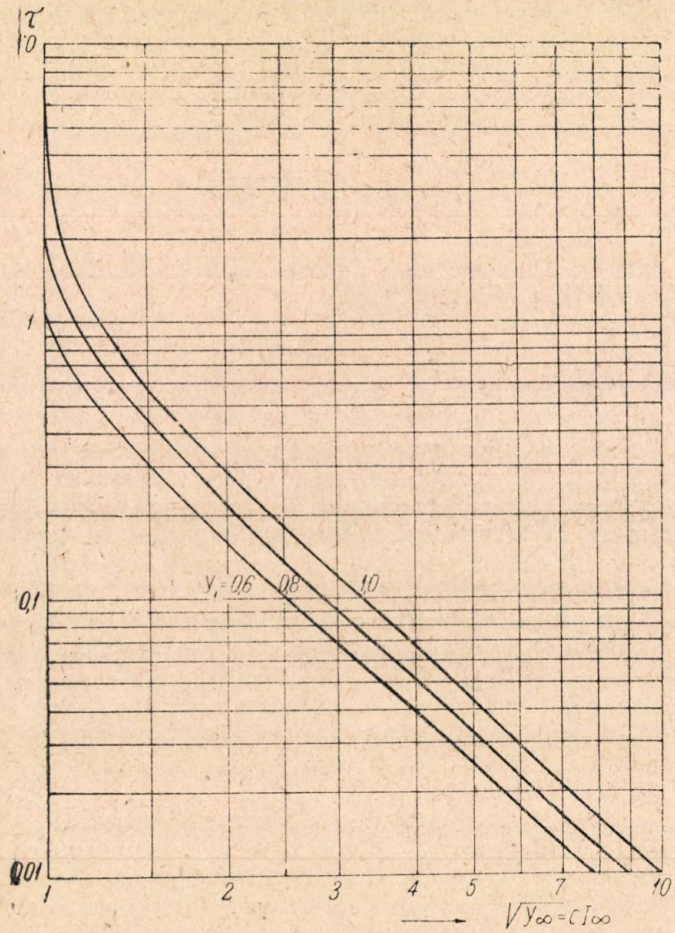


Fig. 4. Caracteristica teoretică de topire a fuzibilelor.

Variația factorului $\rho/\gamma c$ în y_∞ cu temperatura considerându-se cu destulă aproximație lineară : $y_\infty = y_{\infty 0}(1 + \varepsilon\theta)$ ecuația (31) devine :

$$\frac{dy}{d\tau} + (1 - \varepsilon\,\Theta)\, y = y_{\infty 0}(1 + \varepsilon\Theta) \qquad (38)$$

noua temperatură staționară și constantă de timp devine

$$\Theta_1 = \frac{\Theta}{1 - \varepsilon\Theta} \qquad T_1 = \frac{T}{1 - \varepsilon A_0 T}$$

iar soluția este tot de forma (30) și (37), dacă se fac înlocuirile necesare.

Se vede că valoarea Θ joacă un rol foarte mare de parametru. S'a propus a se numi Θ intensitate de încălzire.

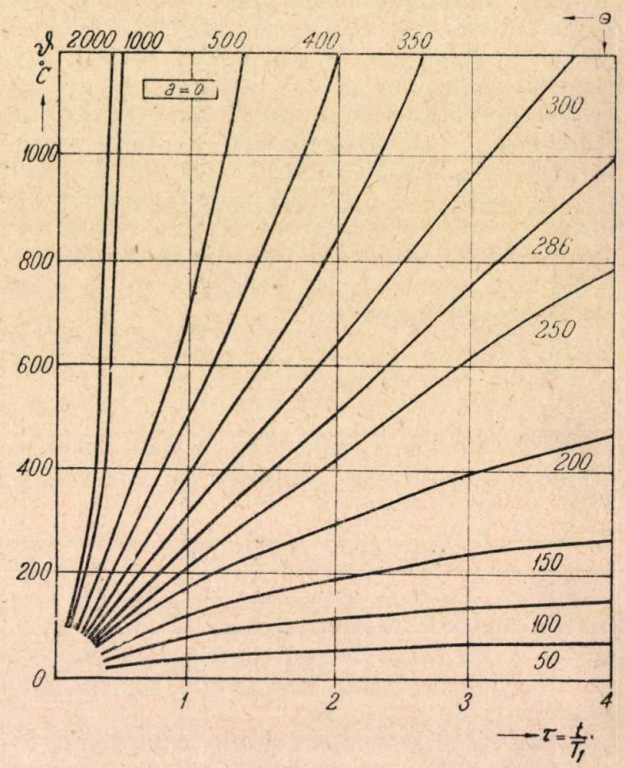


Fig. 5. Curbe de încălzire pentru fire de cupru (aproximația 1).

Curbele de încălzire corespunzătoare ecuației (34) sunt reprezentate în fig. 5 (pentru fire din Cu) cu Θ ca parametru. Cazul $\Theta = \infty$ este cel al încălzirii fără cedare de căldură, iar $\Theta = 285\,^0C$ este intensitatea de încălzire limită peste care nu se mai poate stabili o stare staționară. Parametrul limită se calculează din condiția $\varepsilon\,\Theta = 1$ care reduce ecuația (38) la ecuația (19).

Curbele din fig. 5 permit stabilirea prin calcul a caracteristicei de topire cu o aproximație mai bună, pentrucă dau relații între temperatura de topire, timpul de încălzire și sarcina de curent.

Bineînțeles că operația nu este ușoară și depinde mai ales de stabilirea justă a valorii coeficientului de cedare α a căldurii. Insă acest coeficient se poate stabili destul de ușor pe cale experimentală pentru dispozitivul utilizat.

O aproximație și mai bună se poate atinge considerând o variație după o funcție de gradul 2 a parametrilor cu temperatura, după ecuația diferențială :

$$\frac{dy}{d\tau_1} + (1 + \beta\,\Theta)\, y = y_\infty(1 + \varepsilon_1 y - \varepsilon_2 y^2) \qquad (35)$$

și aceeași condiție inițială cu notațiile

$$a = -(b + \varepsilon_1 y_\infty)$$

$$b = \frac{1}{2}(\varepsilon_1 y_\infty - 1)$$

$$c = y_\infty \qquad D = b^2 - ac > 0$$

ecuația devine

$$\frac{dy}{d\tau_1} = ay^2 + 2by + c \qquad (36)$$

iar soluția este, după calculele autorului [7]:

$$y = \frac{y_\infty}{\sqrt{D}\,\mathrm{cth}\,(\tau_1\sqrt{D}) - b} \qquad (37)$$

Curbele de încălzire devin în acest caz cele din figura 6.

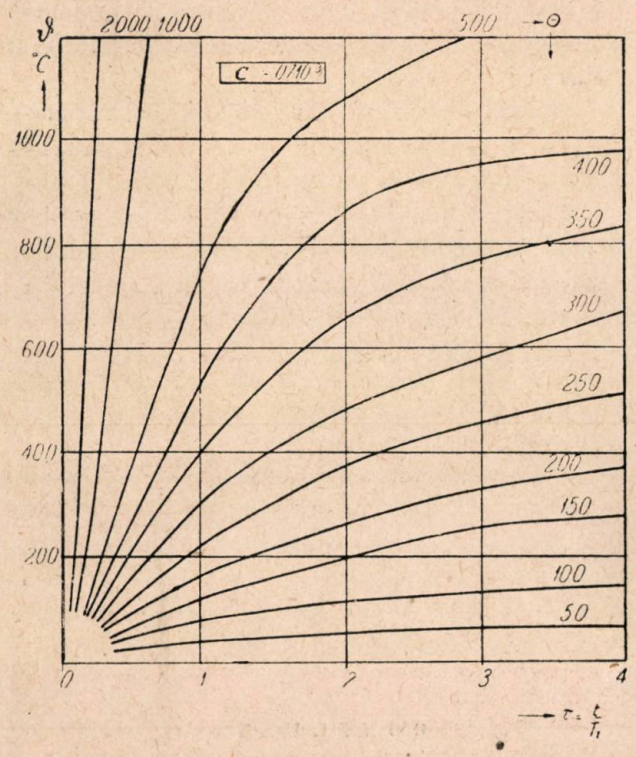


Fig. 6. Curbe de încălzire pentru fire de cupru (aproximația 2)

Punând invers $y = 1$, timpul de fuziune este:

$$\tau_1 = \frac{1}{\sqrt{D}}\,\mathrm{arc\,ht}\,\frac{\sqrt{D}}{y_\infty + b} \qquad (38)$$

putându-se calcula noi curbe caracteristice de topire, cu temperatura inițială și disiparea de căldură ca parametri.

Aceste exemple ilustrează îndeajuns că nu calculele sunt în deficiență, ci incertitudinea de a cunoaște exact condițiile inițiale reale complică sau împiedică urmărirea teoretică a fenomenelor.

10. *Calculul fazei de stingerea arcului.* Se presupune că fuzibilul se află într'un tub protector și înconjurat de un praf refractar ca nisipul cuarțos, acidul boric etc. De stingerea rapidă a arcului depinde capacitatea de rupere a siguranței [10].

10. 1) In cel mai defavorabil caz al unui scurtcircuit la bornele fuzibilului, acțiunea de întrerupere este atât de rapidă, încât fenomenul se petrece în prima semiperioadă a curentului de scurtcircuit. In acest caz sistemul se poate considera ca funcționând în curent continuu, având o tensiune maximă U egală cu amplitudinea.

Dacă: i: valoarea instantanee a curentului de rupere, R: rezistența curentului întrerupt, L: inductanța circuitului întrerupt, u_s: tensiunea de ardere a arcului, atunci în orice moment este valabilă relația diferențială

$$L\frac{di}{dt} = (U - iR) - u_a. \qquad (39)$$

Pentru a întrerupe circuitul i trebue să descrească dacă t crește, deci trebue să avem $di/dt < 0$, ceeace nu este posibil decât dacă:

$$u_s > (U - iR) \qquad (40)$$

Deci tensiunea arcului are o limită inferioară.

10. 2) Pentru a se mări tensiunea arcului el trebue răcit intens. In consecință, repartizarea temperaturii în jurul firului fuzibil este de foarte mare importanță. Considerând firul întins linear, sau asimilând fire înfășurate elicoidal cu un fir liniar, și utilizând notațiile:

s_1: secțiunea descărcării în gaz;
c_1: căldura specifică a gazului;
S_1: suprafața eficace de răcire a canalului gazelor;
μ: coeficientul de cedare a căldurii gazelor către mediul ambiant,

$E_a = u_a/l$: intensitatea câmpului electric în V/cm, cantitatea de energie electrică absorbită de arc pe cm de lungime este $E_a . i\,dt$. Partea din această energie și anume $s_1 c_1\,d\theta$ ridică temperatura canalului de arc cu $d\theta$. Restul energiei se transmite mediului ambiant de temperatura θ prin procedeul de răcire anume $\mu S_1\,(\theta - \theta_0) = Xdt$.

Bilanțul de energie devine:

$$s_1 c_1 \frac{d\theta}{dt} = Eai - \mu S_1\,(\theta - \theta_0). \qquad (47)$$

Imediat după evaporarea fuzibilului, temperatura arcului θ se poate estima la aproximativ 10 000 °C. Această temperatură trebue scăzută spre a întrerupe arcul, ceeace nu este posibil decât dacă:

$$\mu S_1\,(\theta - \theta_0) > E_a i. \qquad (42)$$

Această condiție trebue să fie îndeplinită imediat după vaporizarea firului. Cum curentul de fuziune I_t a unui fir fuzibil se cunoaște în general, rezultă o limită superioară a intensității câmpului în timpul întreruperii:

$$E_a = \mu\frac{S_1}{I_t}\,(\theta - \theta_0). \qquad (43)$$

Din această relație rezultă:

— Suprafața de răcire S_1 de contact între arc și mediul ambiant de stingere să fie cât mai mare.

— Curentul de fuziune să fie cât mai mic, deci firul trebue să fie bine preîncălzit, sau se leagă mai multe fire în paralel.

— Coeficientul de transmiterea căldurii μ trebue să fie cât mai mare, deci implicit mediul ambiant trebue să aibă o conductibilitate mare calorică.

— Temperatura arcului trebue să fie cât mai înaltă, ceeace se atinge prin răcire eficace, deci prin hârțuirea arcului.

Presupunând că tensiunea la borne ajunge la valoarea dublă a amplitudinii de tensiune U_0, a rețelei $u_a = 2\,U_0$, avem

$$E_a = \frac{2\,U_o}{l}. \qquad (44)$$

Inlocuind în (43) se poate calcula lungimea fuzibilului dacă se cunoaște μ sau μ dacă se cunoaște l.

11. *Comportarea fuzibililor la curenți de impuls.* In impulsuri puternice de curent cu o durată sub 50 μs înregistrările cu oscilograful catodic au relevat fenomene neașteptate [11]. Incălzirea până la evaporare se face aproape instantaneu, iar difuzarea aburilor metalici se face sub forma unei adevărate „explozii" [12].

Cu ocazia unor astfel de experiențe s'au verificat și confirmat rezultatele calculelor teoretice ale autorului privind încălzirea până la fuziune, fără cedare de căldură pentru fire de Cu și Al. In același timp s'a stabilit că argintul se comportă mai favorabil decât aceste două metale, dând o supratensiune mai redusă, atât la stingerea cât și la reaprinderea eventuală a arcului.

S'a mai constatat că la impulsuri mai scurte de 10 μs energia necesară pentru topire și evaporare crește față de fenomenul staționar, astfel că în loc de a avea o relație

$$j^2 t = \text{const},$$

s'a constatat valabilitatea unei relații:

$$j^2 t = \frac{const}{t} \quad \text{sau} \quad jt = \text{const}.$$

La argint s'a constatat o limitare mai pronunțată [a intensității maxime în comparație cu Cu și Al. Mediile de stingere grăunțoase nu influențează asupra fuziunii și evaporării, ci numai asupra duratei curentului.

Explozia apare din cauză că aerul nu poate fi dislocat cu o viteză mai mare decât dublul vitezei sunetului.

Studii experimentale întreprinse recent în U.R.S.S. [12] au arătat că efectul exploziei poate să întrerupă arcul prin spălarea completă a spațiului de aer din ioni. O difuziune în spre locul ocupat anterior de coloană a ionilor poate duce la o reaprindere a arcului după câteva zeci de μs.

Incadrând arcul într'un tub îngust din diferite materiale (fibră, lemn, pertinax) s'a evaluat și comparat capacitatea acestor materiale de a contribui la stingerea arcului.

Deasemenea, s'a confirmat că firul fuzibil trebue să aibă o lungime ce întrece o anumită limită, dependentă de tensiunea aplicată [12].

Calculul încălzirii conductorilor cu curenți de impuls este complicat de apariția fenomenului pelicular în faza sa tranzitorie, mai puțin cunoscută. Efectul termic a fost calculat de autor pentru conductori cilindrici și o tensiune care variază după treapta unitară, ceeace permite printr'o cuadratură calculul încălzirii și la alte funcțiuni de timp [13].

Aceste cunoștințe ale fenomenelor de foarte scurtă durată dau posibilitatea de a se prevede măsuri constructive, menite de a asigura o bună funcționare a fuzibililor la impulsuri de tensiune și intensitate, ce apar în cazul unor unde de supratensiune provocate de trăsnete.

CONCLUZII

a) Calculele de dimensionare termică a siguranțelor fuzibile întâmpină dificultăți din cauza variației cu temperatura a parametrilor, a incertitudinii condițiilor de răcire și ambianței termice, cât și a complexității fenomenelor în care intervine aprinderea și trebue să aibă loc stingerea arcului electric.

b) Se constată că încercări de a elimina aceste dificultăți prin simplificări empirice, nefundate din punct de vedere fizic și teoretic, nu pot satisface și nu dau rezultate.

c) Examinarea critică și atentă a fenomenelor fizice ce apar în funcționarea siguranțelor, permit deducerea prin calcule teoretic juste a performanțelor și a comportării la solicitări termice staționare și tranzitorii.

d) Prin aplicarea rațională a teoriei similitudinii și a teoriei analitice a căldurii, se pot deduce soluții pentru diferitele faze ale încălzirii și răcirii siguranțelor fuzibile, inclusiv faza de topire și de evaporare, care să caracterizeze în

mod general fenomenele. Se recomandă ca în calcule să se înceapă cu fenomene cât mai simple şi să se introducă prin aproximaţii succesive o concordanţă din ce în ce mai mare cu fenomenele reale. Astfel se poate ajunge la un calcul just al parametrilor de inerţie termică şi chiar a caracteristicelor de topire, care se pot reprezenta prin curbe valabile în mod principial şi care se apropie mult de curbele ridicate pe cale experimentală.

e) Inregistrări oscilografice au revelat o comportare diferită a fuzibilelor la curenţi mari de impuls, decât în stări staţionare; au confirmat, în schimb, curbele de încălzire calculate anterior şi necesitatea unei lungimi suficiente a firului fuzibil la tensiuni înalte.

Bibliografie

[1] Revistele Tehnice A.S.I.T. Număr festiv (1950 şi Electricitatea (1951), Nr. 8.

[2] *Johann H. H.*: O formulă pentru caracteristica intensitate-timp a siguranţelor fuzibile şi aplicarea ei la obţinerea parametrilor caracteristici. Electrotechn. Z. 58 (1937) 25, 684–6.

[3] *Eisenberg B. L.*: Calculul funcţionării selective a siguranţelor fuzibile — Electricestvo (1951), 8.

[4] *Builov A. I.*: Principiile construcţiei aparatelor electrice G.E.I. Moscova-Leningrad (1947).

[5] *Mihailov V. V.*: Calculul şi construcţia aparatelor de înaltă tensiune G.E.I. Moscova-Leningrad (1951).

[6] *Babicov M. A.*: Aparate electrice G.E.I., Moscova-Leningrad (1951).

[7] *Avramescu A.*: Contribuţii la calculul încălzirii conductorilor. Bul. IRE, 11 (1944), Nr. 3–4, 301–412.

[8] *Avramescu A.*: Asupra efectului termic al curenţilor tranzitorii şi de impuls. Arch. Electrotehn., 35 (1941), 6, 344–352.

[9] *Lucchi I.*: Constanta de inerţie termică a fuzibilelor. Eletrotecnica, 36 (1949), 3 bis, 142–147.

[10] *Ganfenbein A.*: Procesul de rupere în siguranţe fuzibile de putere mare de rupere. Bul. SFE, 9 (1949), 89, 83–91.

[11] *Wrana I.*: Fenomene la topirea şi evaporarea unor fire metalice. Arch. Electrotechn., 33 (1939), 10, 656.

[12] *Balighin I. E.*: Comportarea siguranţelor fuzibile la curenţi de impuls de mare intensitate. Electricestvo (1949), 4.

[13] *Avramescu A.*: Efectul pelicular tranzitoriu. Bul. Ştiinţific Academia R.P.R., Secţ. 3, 4 (1952), Nr. 3–4

★

ВОЗМОЖНОСТИ ТЕПЛОВОГО РАССЧЕТА ПЛАВКИХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ

Р е з ю м е

Обсуждаются возможности правильного рассчета и подбора плавких предохранителей с термической точки зрения. После того как доказывается что попытки построить эмпирически „простые и верные" формулы для рассчета характеристик не дают хороших результатов, делается обзор различных рассчетных методов в которых исходя из физического процесса посредством последовательных приближений достигается описание, с желаемой точностью, тепловых и механических процессов интересующих с точки зрения правильного проектирования и конструкции. Особое внимание уделяется рассчетам на нагрев, они будучи самые трудные, так как начальные данные не всегда известны с достаточной точностью. По решениям дифференциальных уравнений, которые отображают энергетический баланс, могут быть выведены интересующие параметры работы предохранителей, межеу которыми и характеристические кривые работы.

Опыты с импульсами тока показали некоторые особености поведения которые должны быть приняты во внимание, в тоже время подтверждая некоторые теоретические предусмотрения.

CONTRIBUȚIE LA GEOMETRIA BOBINELOR CILINDRICE

Ing. E. HOPPE

Se analizează geometria bobinelor cilindrice și se arată o serie de metode de calcul pentru rezolvarea mai exactă și rapidă a problemelor practice, în vederea ridicării productivității muncii de proiectare.

Ridicarea productivității muncii din punct de vedere calitativ și cantitativ trebue să fie lozinca și în lucrările de proiectare, unde se poate câștiga foarte mult timp prin simplificarea calculelor tip, laborioase și migăloase, bineînțeles fără prejudicii pentru exactitatea și calitatea lucrărilor, ci dimpotrivă îmbunătățindu-se calitatea.

Când această condiție este respectată, valoarea practică a unei metode noi este proporțională cu reducerea de timp față de metoda veche și cu numărul de lucrări la care poate fi aplicată, adică depinde de gradul de universalitate și de generalizarea ei.

In acest spirit se va trata geometria bobinelor cilindrice, cele mai răspândite (avându-se în vedere mai ales toată gama de transformatori cu mai multe straturi de conductori având secțiuni diferite și releele telefonice), calcularea cărora ocupă sute de proiectanți exclusiv și mii de proiectanți parțial. Foarte des proiectarea se face neștiințific, prin tatonări, uneori experimental cu retușări ulterioare, cu pierderi de timp foarte considerabile și cu risipă apreciabilă de material deficitar.

In cele ce urmează se va pleca dela interdependențele simple, cunoscute, între parametrii bobinelor cilindrice, se va arăta folosirea rațională și sistematică a formulelor la rezolvarea problemelor practice, care se pun în acest domeniu, dându-se exemple cu calcule numerice. Se vor examina dificultățile care se ivesc, se vor arăta tabelele utilizate în unele intreprinderi cu scopul de a înlesni și scurta calculele numerice pentru unele tipuri de carcase și se propun — în acelaș scop — câteva metode grafice noi, care au o aplicare generală și rezolvă problema cu orice exactitate practic dorită.

Infășurări de un singur strat la bobine cilindrice.

Drept bobină cilindrică (fig. 1) se înțelege orice bobină la care diametrul (d) al miezului (carcasei) și lungimea stratului de spire (l), sunt constante, carcasele fiind cu secțiune dreptunghiulară, diametrul d determinându-se din relația $d = L/n\pi$, unde L este lungimea unei sârme subțiri, fără alungire elastică, înfășurată de n ori pe miez, spiră lângă spiră.

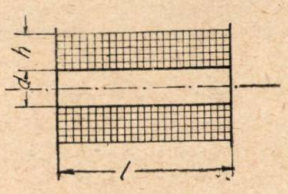


Fig. 1. Bobina cilindrică.

In cele ce urmează se presupune că înfășurarea este executată cu un conductor de secțiune circulară, cu diametrul Φ, izolația având grosimea i, diametrul conductorului izolat $\Phi_i = \Phi + i$.

Bobinări cu conductori profilați (benzi, lițe cu secțiune dreptunghiulară) aplicate la transformatori de putere mai mare au fost tratate pe larg în literatura de specialitate ; ele se calculează amănunțit dela caz la caz și deaceea nu se încadrează în cadrul contribuției de față. Firește nomogramele ce vor urma sunt valabile și pentru conductori profilați.

In toate bobinele cilindrice sârmele sunt așezate după cum arată figura 2. Numai unde miezul formează un tor (de exemplula bobinele Pupin), așezarea conductorilor izolați este cea arătată în figura 3.

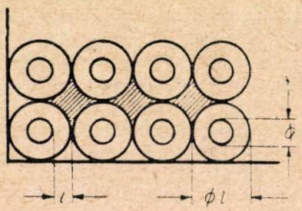


Fig. 2. Așezarea firelor la bobinele cilindrice.

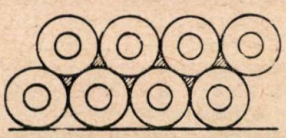


Fig. 3. Așezarea firelor la bobinele închise.

Așezarea firelor rezultă din felul cum se execută bobinarea : la bobinele cilindrice — dus și întors între flanșele carcasei, la bobinele cu miez toroidal—în continuare.

Factorul de umplere definit prin

$$fu = \frac{w \cdot \frac{\Phi^2 \pi}{4}}{h \cdot l}$$

(unde w este numărul spirelor), relativ mic la bobinele cilindrice, este condiționat de golurile între fire (asteroidele hașurate) și de izolație care contează cu atât mai mult, cu cât mai mic este diametrul :

$$fu = \frac{F_{cu}}{F_i} = \frac{F_{cu}}{F_i} \cdot \frac{F_i}{F_i} = \left(\frac{\Phi}{\Phi_i}\right)^2 \cdot \frac{\pi}{4} = fi \cdot fc \qquad (1)$$

Astfel fu se poate calcula din STAS-urile și după normele interne ale întreprinderilor producătoare, care dau Φ_i în funcție de Φ pentru diferiți conductori [1]).

Manualele de bobinaj dau curbe pentru $fu = f(\Phi)$, cu izolație ca parametru (email, mătase, 2 × bumbac etc.).

Foarte practic este a se exprima factorul de umplere sub forma :

$$fu = \frac{W_0}{100} \cdot \frac{\Phi^2 \pi}{4} (\Phi \text{ in mm}) \qquad (2)$$

introducându-se W_0 reprezentând numărul de spire pe cm², pentru un fir cu diametrul conductorului neizolat Φ și o anumită izolație.

[1]) Stas 542—49 ; Stas 543—49.

Tabelele pentru W_0 (indispensabile pentru calcularea raţională a bobinelor cilindrice cu mai multe înfăşurări) pot fi obţinute prin calcul din formula (1) şi (2) *sau pe cale empirică* prin aşezarea unui număr de spire W suficient de mare pentru eliminarea influenţei marginilor, pe o carcasă cu dimensiunile $l^{cm}\ l^{cm}$ — din $W_0 = W/h.l. = W/F_0^{cm^2}$.

La intreprinderile de specialitate există asemenea tabele.

Exemplul 1 : câte spire încap pe o lungime l (mm) într'un singur strat? $w = \frac{l}{\Phi_i}$. Substituind Φ_i din formula (1) se obţine :

$$w = \sqrt{\frac{4\,fu}{\pi}} \cdot \frac{1}{\Phi} = 1{,}13 \cdot \sqrt{fu} \cdot \frac{1}{\Phi} = 0{,}1 \cdot \sqrt{W_0 \cdot l}$$

(Dacă se bobinează mai multe straturi, practic se ia numai $0{,}95\,w$ — din cauza neuniformităţii la capetele straturilor, care se iveşte în mod inevitabil, când se întoarce firul).

Rezultatul are importanţă la $\Phi \geq 0{,}18$ mm, la o înfăşurare cu n straturi regulate, când urmează încă o altă înfăşurare deasupra — pentru determinarea numărului total de spire W astfel ca $W/w = n$ să fie un număr întreg. Altfel este nevoie de un strat de hârtie izolaţie în plus şi se pierd câteva procente din F_0.

In cele ce urmează rezistenţa electrică (a înfăşurărilor, bobinelor. straturilor) este tratată ca un parametru în funcţie de Φ, fu, ρ (rezistenţa specifică a materialului în $\Omega\,mm^2/m$) şi dimensiunile carcasei, fără a se lua în consideraţie aspecte fizice (căderе de tensiune, încălzire etc.).

Toate lungimile (l, d, n, Φ) se exprimă în mm, dacă nu se menţionează altfel.

Rezistenţa bobinei cilindrice, arătată în fig. 1 este :

$$R = \rho \cdot \frac{l\,m}{s\,mm^2} = \rho \cdot \frac{(d+h)\,\pi}{1000 \cdot \Phi^2 \frac{\pi}{4}} \cdot W,$$

iar substituindu-se Φ din ecuaţia (1) se obţine :

$$R = 0{,}314\,\frac{\rho}{fu} \cdot \frac{d+h}{l \cdot h} \cdot W^2 \qquad (3)$$

$$W = 17{,}85 \sqrt{\frac{fu}{\rho} \cdot \frac{l \cdot h}{d+h} \cdot R} \qquad (4)$$

Ecuaţia (1) se poate scrie :

$$W = 1{,}274 \cdot fu \cdot l \cdot h \cdot \frac{1}{\Phi^2} \qquad (5)$$

$$\Phi = 1{,}130 \cdot \sqrt{fu \cdot l \cdot h \cdot \frac{1}{W}} \qquad (6)$$

Prin eliminarea parametrului W din ecuaţiile (4) şi (5) se obţine :

$$\Phi = 0{,}267 \sqrt[4]{fu \cdot \rho \cdot l \cdot h \cdot (d+h) \frac{1}{R}} \qquad (7)$$

$$R = 0{,}00510 \cdot fu \cdot \rho \cdot l \cdot h \cdot (d+h) \cdot \frac{1}{\Phi^4} \qquad (8)$$

Pentru o carcasă dată (l, d, h) bobinată plin, fiecare din cei 3 parametri Φ, W şi R determină pe ceilalţi doi.

Foarte practic este a se introduce mărimea R_0 = rezistenţa pe cm^3, pentru un fir cu diametrul conductorului neizolat Φ, o anumită izolaţie (fu), dintr'un material cu rezistenţa specifică ρ :

$$R_0 = \rho \cdot \frac{W_0}{100} \cdot \frac{1}{\Phi^2 \cdot \frac{\pi}{4}} = \rho \cdot \frac{W_0}{100} \cdot \frac{W_0}{100\,fu} =$$

$$= \frac{\rho}{fu} \cdot \left(\frac{W_0}{100}\right)^2 \qquad (9)$$

Tabelele valorilor R_0 pentru diferite materiale (indispensabile pentru calcularea raţională a bobinelor cilindrice cu mai multe înfăşurări) pot fi obţinute prin calcul din formulele (1), (2) şi (9), sau pe cale empirică, prin bobinarea plină a unei carcase cu F_0 suficient de mare pentru eliminarea influenţei marginilor, din

$$R_0 = \frac{R}{V_0\ cm^3}, \text{ unde } V_0\ cm^3 = \frac{l \cdot h\,(d+h)\,\pi}{1000}$$

La întreprinderile de specialitate există tabele pentru R_0.

Exemplul 2 : Ce rezistenţă încape pe lungimea l, într'un singur strat, la diametrul d, când se întrebuinţează un fir determinat prin Φ, fu şi ρ?

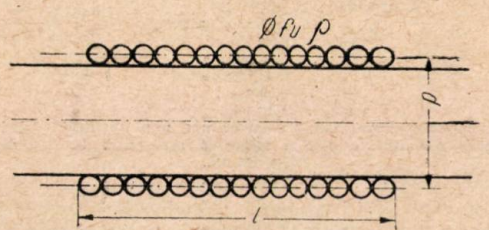


Fig. 4. Strat de fire la diametrul d.

Folosindu-se rezultatul problemei 1 şi definiţia factorului de umplere fu din ecuaţia (2), se obţine :

$$r = \rho \cdot \frac{0{,}1 \cdot \sqrt{W_0} \cdot l \cdot d \cdot \pi}{1000 \cdot \Phi^2 \frac{\pi}{4}} = 0{,}00452 \sqrt{fu} \cdot \rho \cdot \frac{d}{\Phi^3 \cdot l}$$

sau

$$r = \rho \cdot \frac{0{,}1 \sqrt{W_0} \cdot l \cdot d \cdot \pi}{100 \cdot \frac{fu}{W_0} \cdot 1000} = 0{,}0314 \cdot \frac{R_0}{\sqrt{W_0}} \cdot d \cdot l$$

Rezultatul are o mare importanţă pentru determinarea rezistenţelor bifilare, care se aşează pe releele telefonice, bobine de reactanţă, transformatori etc. deasupra înfăşurărilor inductive, în vederea economisirii unui suport propriu, reducându-se astfel gabaritul montajului.

Scriindu-se

$$\frac{r}{l} = k \cdot d, \text{ unde } k = 0{,}00452 \sqrt{fu} \cdot \rho \cdot \frac{1}{\Phi^3}$$

se obține $\frac{r}{l}$, rezistență care începe pe unitatea de lungime în funcție de diametrul d, la un parametru k, care depinde de firul utilizat (diametru, material și izolație).

In reprezentare grafică rezultă un fascicol de drepte prin origine și cu înclinația k.

Deobicei este dat r, l și d și se caută k, adică firul de utilizat. Procedura se arată în figura 5, care reprezintă în principiu o nomogramă reticulară.

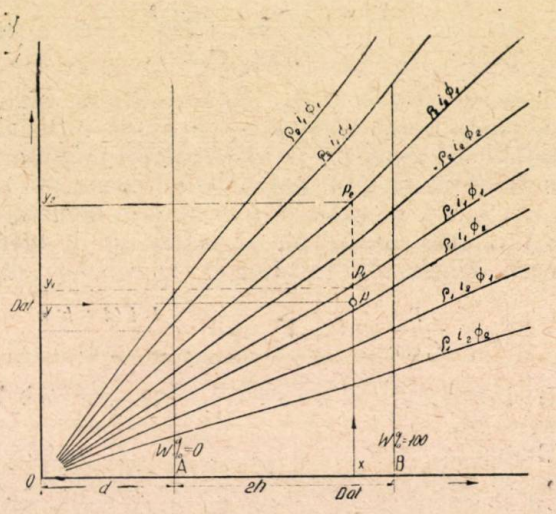


Fig. 5. Determinarea principială a rezistențelor bifilare.

De exemplu:
ϱ_1 . . . 0,48 (constantan);
ϱ_2 . . . 1,11 (cecas);
i_1 . . . 2 × mătase;
i_2 . . . 2 × bumbac;
Φ_1 . . . 0,50 mm;
Φ_2 . . . 0,40 mm.

Modul de utilizare: Din x dat și y dat de află punctul P. P. fiind situat între două drepte din fascicol, se merge în sus, până la intersecția cu prima dreaptă.
P_1 dă datele firului (cu ϱ_1 i_1 Φ_1)

In general, punctul P se va găsi între două drepte din fascicol, ceeace înseamnă că nu există un fir, care la diametrul spirelor d dat, la rezistența r ar ocupa exact un strat de lungimea l. Toate drep ele din fascicol, care trec dedesubtul punctului P, prezintă fire neutilizabile; pentru un r păstrat, d ar trebui să fie mai mare sau l mai mare, iar pentru d și l dat, rezistența care începe ar fi mai mică decât cea cerută. Toate dreptele din fascicol, care trec deasupra punctului P, corespund unor fire utilizabile (teoretic). La diametrul spirelor d dat, respectându-se rezistența cerută r, lungimea bobinată se scurtează în raportul y/yx, adică o parte din lungimea l disponibilă rămâne goală sau spirele se așează distanțate între ele. Aceasta deasemenea nu este de dorit: cu micșorarea diametrului Φ se scumpește materialul și manopera, se complică montarea unui alt strat pe deasupra etc.

Practic trebue să avem $0{,}6 \div 0{,}7 < \frac{y^x}{y} < 0{,}95$.

Deoarece $\frac{W}{l} = 0{,}1\sqrt{W_0}$, pe fiecare dreaptă din fascicol se poate trece și numărul de spire pe unitate de lungime a stratului.

Dacă se întrebuințează mereu aceeași carcasă (de exemplu la releele telefonice) se ia ca ordonată r, iar l trece în parametru: $k_1 = k.l$.

Intrucât la una și aceeași carcasă și h rămâne constant la fiecare dreaptă din fascicol se pot trece și procentele $w\%$ din „fereastră" ($F_0 = l.h$) pe care le ocupă stratul:

$w\% = 100 \cdot \frac{\Phi_i}{h} = 1000 \frac{l}{h \cdot \sqrt{W_0}}$, substituindu-se din formulele (1) și (2), pentru a se vedea imediat dacă se respectă $\sum W\%$ (pentru înfășurările inductive și rezistențele bifilare) $< 100\%$ adică, dacă stratul cu rezistența bifilară mai începe în fereastră.

Insfârșit, la aceeași carcasă și dacă d rămâne constant d dat poate fi exprimat prin $W\%$;

$$W\% = 100 \cdot \frac{d_{dat} - d}{2h}; \quad d\ dat = \frac{W\%}{100} 2h + d.$$

Pentru d dat $= d$, avem $W\% = 0$, iar pentru d dat $= d + 2h$, avem $W\% = 100$.

Intervalul A–B se împarte în 100 părți, iar origina coordonatelor se mută în punctul A.

Figura 6 prezintă (parțial) nomograma principială din figura 5, adaptată pentru un caz concret, releul telefonic plat, tip 70, executat de Siemens-Austria, Crasnaia Zaria (Leningrad). Pentru diametre de sârmă $\Phi > 0{,}18$ mm, modulul scării $r\Omega$/strat trebue înmulțit cu 10.

Exemplul 3: Pe un releu, la care carcasa a fost umplută deja (cu înfășurări inductive) în

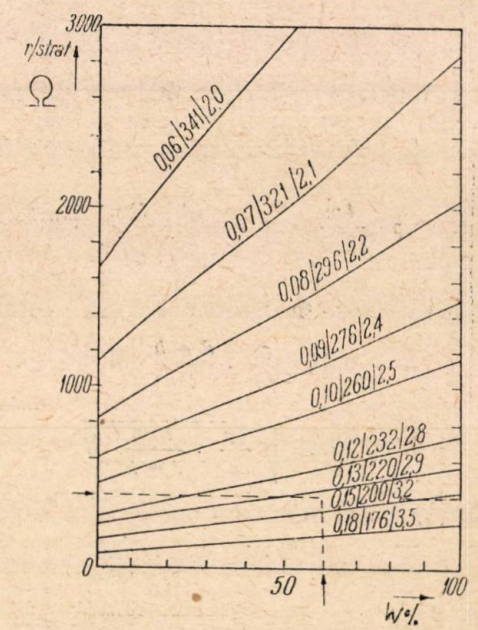


Fig. 6. Determinarea rezistențelor bifilare pentru releul plat 70 (Siemens, Crasnaia Zaria)

Date:
d*) . . . . 9,4 mm
h . . . . 6,6 mm
l . . . . 50,0 mm

material constantan ($\varrho = 0{,}48\ \Omega\ mm^2/m$). Izolația: 2 × mătase. Legenda: 1-a cifră . . . Φ; 2-a cifră . . . W/strat; 3-a cifră . . . W_0%.
*) Miezul având secțiune dreptunghiulară se subînțelege diametrul echivalent.

raportul 60% urmează a se monta încă o rezistență de 400 Ω. Ce fir trebue luat, și câte spire va avea stratul?

Intersecția dreptei $W\% = 60$ cu dreapta $r = 400$ dă un punct între $\Phi = 0{,}15$ și $\Phi = 0{,}13$. Trebue luat $\Phi = 0{,}13$. Numărul spirelor va fi $\frac{20}{22} \cdot 220 = 200$. Lungimea bobinată $\frac{20}{22} \cdot 50 = 45{,}5$ mm.

Fereastra va fi umplută în raportul $60 + 2{,}9\% = 62{,}9\%$ la care se mai adaugă $2{,}5\%$ pentru izolația exterioară;

$$W\% = 62{,}9 + 2{,}5 = 65{,}4\% \ (<100\%).$$

Dacă firul cu $\Phi = 0{,}13$ nu este în stoc, se poate lua și $\Phi = 0{,}12$, numărul spirelor va fi $\frac{20}{27} \cdot 232 = 172$, lungimea bobinată $\frac{20}{27} \cdot 50 = 37$ mm etc.

Nu este recomandabil a se lua $\Phi = 0{,}10$ deoarece $\frac{20}{44} < 0{,}6$.

Înfășurările cu mai multe straturi

Când există mai multe înfășurări pe același miez, ele sunt așezate fie una lângă alta (fig. 7) fie una peste alta (fig. . .).

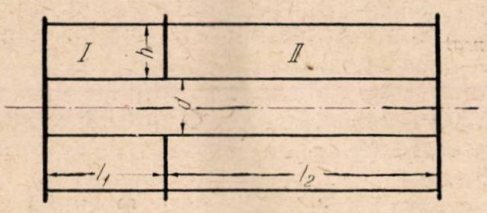


Fig. 7. Mai multe înfășurări, așezarea axială.

Dispunerea după figura 7 este aleasă în cazuri speciale (de exemplu în vederea preîntâmpinării coroziunii sârmei de cupru prin descompunerea electrolitică, executându-se rondele despărțitoare din metal), are însă multe desavantaje (influența inegală a dispersiunii, execuție dificilă, *fu* scăzut).

Majoritatea covârșitoare a bobinelor cilindrice se execută după cum se arată în figura 8.

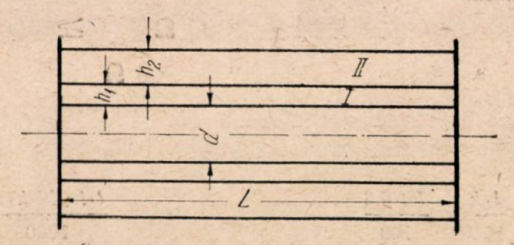


Fig. 8. Mai multe înfășurări, așezarea radială.

In acest caz sunt valabile formulele (3). . .(8) cu condiția ca d, h, se înlocuesc:

pentru înfășurarea	I cu d	h_1
„ „	II cu $d+2h_1$	h_2
„ „	III cu $d+2(h_1+h_2)$	h_3

Introducând în formula (3) $c = 0{,}314 - \frac{\rho}{fu}$, se poate scrie:

$$R = c \cdot \frac{d+h}{lh} \cdot W^2, h = \frac{d \cdot c \cdot W^2}{l \cdot R - c \cdot W^2} \qquad (10)$$

$h > 0$; deci $R > \frac{c}{l} W^2$, ceeace înseamnă: la o anumită izolație, pentru orice material și un număr de spire W, există o rezistență minimă — independent de diametrul miezului. Când rezistența cerută este mai mare, atunci există (teoretic) o bobină cu W și R cerut, însă — poate — cu un h foarte mare, din formula (10). Practic h din formula (10) trebue să rezulte mai mic decât h dat la carcasa de utilizat.

Când h rezultă mai mare decât h dat, se impune un compromis, schema trebue modificată; dacă este vorba de un releu, forța de atracție necesară trebue micșorată, eventual prin adăugirea unui releu auxiliar etc.

La mai multe înfășurări există câteva cazuri speciale în care împărțirea lui h este predeterminată: de exemplu la bobinaje de reactanță simetrice, la releele de impuls, la releele diferențiale $h_1 = 0{,}25\ h \ldots h_2 = 0{,}5 \ldots h_3 = 0{,}25\ h$.

In general, însă, împărțirea lui h nu este determinată, întrucât trebue îndeplinită numai condiția

$$h_1 + h_2 + h_3 = \sum h \leqq h$$

Când se ia (arbitrar) h_1 mare, aproape egal cu h, atunci h_2 (și h_3) va fi foarte mic, deci cu greu vor fi îndeplinite condițiile ce rezultau din formula (10) pentru înfășurarea II (și III).

Prin urmare, la proiectare, din capul locului trebue făcute compromisuri juste, pentru care există anumite reguli generale: înfășurări cu rezistență mică sau relativ multe spire — în interior, înfășurări ce urmează a fi alimentate din surse locale — în exterior etc. Numai experiența îndelungată și dexteritatea specială micșorează numărul tatonărilor inevitabile, care însă pot fi făcute prin calcule (nu prin experiențe), după metode raționale, folosindu-se metode de calcul potrivite, după cum se va arăta în cele ce urmează.

Când se bobinează o bobină cilindrică spiră cu spiră dela $w = O$ până la $w = W$, diametrul spirelor $d + 2h_x$ crește cu fiecare strat dela d până la $d+2h$, iar rezistența r crește dela $r = O$ până la $r = R$. Care este relația între w și r?

Din ecuația (10) se obține:

$$R\% = 100 \frac{r}{R} = 100 \frac{c \cdot \frac{d+h_x}{l \cdot h_x} \cdot w^2}{c \cdot \frac{d+h}{l \cdot h} \cdot W^2}$$

$$\frac{hx}{w} = \frac{h}{W} : hx = h \cdot \frac{w}{W} = h \frac{W\%}{100}$$

Substituindu-se expresia pentru hx în ecuația pentru $R\%$ rezultă :

$$R\% = \frac{\left(100 + \frac{h}{d} \cdot W\%\right)}{100\left(1+\frac{h}{d}\right)} \cdot W\% \qquad (11)$$

$$W\% = 100 \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{2\,h/d}\right)^2 + \frac{R\%}{100} \cdot \left(1+\frac{2}{2\,h/d}\right)} - \frac{1}{2\,h/d} \qquad (12)$$

Acestea sunt ecuațiile de bază pentru calculul bobinelor cilindrice. Discuția ecuației arată că :

Pentru $\frac{h}{d} \sim O \ldots R\% = W\%$.

La un miez foarte gros, diametrul spirelor este practic constant, iar rezistența crește în raport cu spira.

Pentru $\frac{h}{d} \sim \infty \ldots R\% = \frac{1}{100} \cdot W^2\%$.

La un miez foarte subțire, rezistența înfășurării crește în raport cu patratul spirelor.

Ecuațiile (11) și (12) sunt valabile pentru orice material, diametru de sârmă și factor de umplere, deoarece în ele nu apar ρ, fu și Φ.

Pentru folosirea lor în practică, însă, trebue remarcat că : $W\% = 100\,\frac{W}{F_0 \cdot W_0}$

F_0 este dat de carcasă, poate fi stabilit cu orice grad de exactitate și la fabricația în serie este practic constant. W se așează practic exact (deobicei cu ajutorul unei mașini de numerotat spire).

W_0 variază în limitele toleranțelor admise pentru Φ și grosimea izolației și trebue considerat ca o medie (a se vedea STAS 542—49, STAS 543—49).

Prin urmare, la limita superioară a grosimii izolației, $W_{0\,real} < W_0$ (din tabele, sau calculat), iar $W\%_{real} > W\%$.

O bobină respectând $W\% < 100\%$, în realitate ar putea să nu încapă în carcasa dată, când $W\%_{real} > 100\%$, ceeace este cu totul inadmisibil.

Pentru a se preîntâmpina această posibilitate s'a stabilit (după metodele indicate mai sus) $W_{0\,min}$, iar factorul de corecție $W_0/W_{0\,min} = W\%_{max}/W\%$ se dă sub forma de tabele sau sub forma curbelor arătate în figura 9, în funcție de Φ, cu izolația ca parametru.

Factorul de corecție are o importanță deosebită pentru izolația cu email, la alte izolații (la mătase etc.) influența lui este neînsemnată.

Observații pentru calculul practic al bobinelor cilindrice :

Trebue respectat $W\%_{max} < 100\%$ (nu numai $W\% < 100\%$).

$R\%$ se calculează, firește, din $W\%$ (nu din $W\%_{max}$).

Deaceea pentru rezistența reală, care va fi măsurată la control și la recepție, trebue admisă o toleranță, în general $\pm 10\%$, în cazuri speciale $\pm 5\%$.

0,9 (sau 0,95) $R < R_{măsurat} < 1{,}1$ (sau 1,05) R.

Pentru fixarea toleranțelor pentru R trebue știut că toleranța de $+10\%$ va fi în general

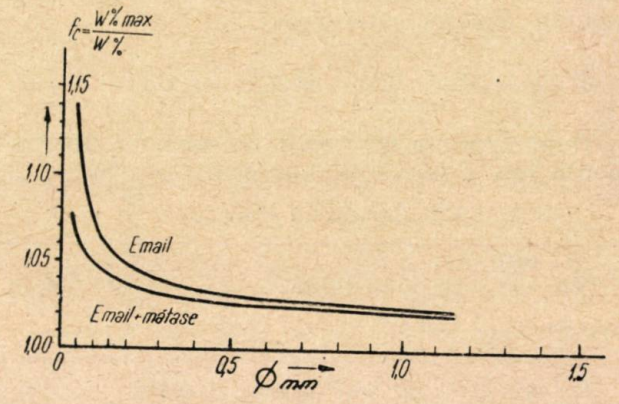


Fig. 9. Factorul de corecție pentru $W\%$

respectată, în mod automat, când firul corespunde în ceeace privește toleranțele celor admise de STAS-urile indicate mai sus. Când $R_{măsurat} > 1{,}1\,R$, manopera este de vină, fie că nu s'au numărat bine spirele, fie că s'a produs o umflare anormală a bobinei prin nerespectarea regulei că dela $\Phi = 0{,}18$ în sus așezarea regulată a spirelor este obligatorie sau (la $\Phi < 0{,}18$) prin execuție neglijentă.

Toleranța de $\pm 5\%$ pentru $\Phi < 0{,}30$ și izolația de email nu este garantată când firul corespunde, chiar la o manoperă impecabilă, deaceea la fabricația în serie, este nevoie a se măsura imediat primele 2...3 bobine, confecționate dintr'un musor dat; constatându-se că $R_{măsurat} > 1{,}05\,R$, trebue luat alt musor utilizându-l pe primul pentru bobine cu $\pm 10\%$ toleranță. Toleranța de $\pm 5\%$ scumpește în mod considerabil manopera.

Exemplu : Să se calculeze înfășurările unui releu telefonic (de test) cu datele următoare :

$d_{echivalent} = 9{,}4$ mm $\quad R\,\mathrm{I} = 60\ \Omega\ W\mathrm{I} \geqq 3000$

$h = 6{,}6$ mm $\quad R\,\mathrm{II} = 1000\ \Omega\ W\,\mathrm{II} \geqq 4000$

$l = 50$ mm $\quad R\,\mathrm{III} = 800\ \Omega$ bifilar

Mai întâi se calculează F_0 și V_0 necesare pentru determinarea oricăror înfășurări :

$$F_0 = \frac{l \cdot h}{100} = \frac{50 \cdot 6{,}6}{100} = 3{,}30\ \mathrm{cm}^2\,;\ W_0 = \frac{l \cdot h\,(d+h)\,\pi}{1000} = \frac{50 \cdot 6{,}6\ (9{,}4 + 6{,}6),\ 3{,}14}{1000} = 16{,}6\ \mathrm{cm}^3.$$

Calculul propriu zis se face sub forma tabelei 1 săgețile indicând succesiunea operațiilor de efectuat.

Se încearcă pentru prima înfășurare utilizarea de fire cu $\Phi = 0{,}22$, cu izolația de email, pentru care — din tabelele menționate mai

sus — se găsește $R_0 = 7{,}19$ Ohm/cm³. Cu V_0 (pentru carcasa dată), R_0 (pentru sârma aleasă) și RI (cerut) se află

$$R\% = \frac{R}{V_0 R_0} \cdot 100 = \frac{60}{16{,}6 \cdot 7{,}19} = 50\%.$$

din ecuația (12) se află

$$W\% = 100\sqrt{\left(\frac{1}{2 \cdot 6{,}6/9{,}4}\right)^2 + \frac{50}{100}\left(1 + \frac{2}{2 \cdot 6{,}6/9{,}4}\right)} - \frac{1}{2 \cdot 6{,}6/9{,}4} = 59{,}9\%.$$

Din tabelele menționate mai sus se găsește pentru $\Phi = 0{,}22$ cu izolație de email $W_0 = 1560$ spire/cm².

Cu F_0 (pentru carcasa dată), W_0 (pentru sârma aleasă) și $W\%$ se află

$$W = \frac{W\%}{100} \cdot F_0 \cdot W_0 = \frac{59{,}9}{100} \cdot 3{,}30 \cdot 1500 = 3080 \text{ spire.}$$

La $\Phi = 0{,}22 > 0{,}18$, înfășurarea se execută în straturi regulate.

Din cauză că la un releu telefonic toate capetele (intrările și ieșirile) se află într'o singură parte, numărul straturilor duble trebue să fie întreg, altfel este necesară o izolație de hârtie dublă între înfășurările I și II.

$$2w = 0{,}95 \cdot 0{,}1 \cdot \sqrt{W_0} \cdot 50 \cdot 2 = 375$$

w se poate lua eventual dintr'o nomogramă similară cu cea reprezentată în figura 6.

$$\frac{n}{2} = \frac{W}{2w} = \frac{3080}{375} = 8{,}2.$$

Rotunjind W I la 3100 spire = 8.375 + 1.100 spire,

$$2w\% = 2 \cdot 1000 \cdot \frac{1}{h \cdot \sqrt{W_0}} = \frac{2 \cdot 1000}{6{,}6 \cdot \sqrt{1560}} = 7{,}6\%$$

$w\%$ se poate lua eventual dintr'o nomogramă similară cu cea reprezentată în figura 6. $W\%$ modificat este $9.7{,}6\% = 68{,}4\%$

$$W\%_{max} = fc.W\% = 1{,}04.\ 68{,}4 = 79{,}2\%$$

(fig. 9).

Izolația între înfășurări executată din hârtie uleiată de 0,15 mm grosime va consuma $hi\%$

$$hi\% = 100 \cdot \frac{0{,}15}{6{,}6} = 2{,}27\%.$$

Ținându-se seama de faptul că la capete hârtia se suprapune, se ia în general $hi = 2{,}5\%$. Aci $2.2{,}5\% = 5\%$. Se adună coloana 8 obținându-se 73,4%. Din ecuația (11) se află :

$$R\% = \frac{\left(100 + \frac{6{,}6}{9{,}4} \cdot 73{,}4\right)}{100\left(1 + \frac{6{,}6}{9{,}4}\right)} \cdot 73{,}4 = 65{,}3\%.$$

Se încearcă pentru cea de a doua înfășurare utilizarea unui fir de $\Phi = 0{,}08$ cu izolație de email, pentru care

$R_0 = 345\ \Omega/\text{cm}^3$, iar $W_0 = 9700$ spire/cm².

Procedându-se mai departe analog cu procedura aplicată la prima înfășurare, ar fi nevoie a se calcula

$d' = d + 2.0{,}684.6{,}6$; $h' = h - 0{,}684.\ 6{,}6$ a se determina F_0' și V_0' din d' și h' și a folosi ecuația (12) și (11) introducându-se h'/d'. Aceasta este de prisos după cum reese din următorul raționament :

Odată ajuns la $R\% = 65{,}3\%$ și $W\% = 73{,}4\%$, este indiferent cum s'a ajuns la aceste valori și prin urmare, se poate presupune că s'a ajuns bobinându-se cu sârma aleasă pentru cea de a doua înfășurare, adică cu $\Phi = 0{,}08$, izolație email, iar cea de a doua înfășurare, reală, se consideră ca un adaos la prima înfășurare fictivă, cu $\Phi = 0{,}08$ izolație de email, calculele desfășurându-se după cum urmează :

$$R\% = \frac{R}{V_0 \cdot R_0} 100 = \frac{1000}{16{,}6 \cdot 345} 100 = 17{,}4\%.$$

Adunându-se în coloana 6 se obține $R\%_{total} = 65{,}3\% + 17{,}4\% = 82{,}7\%$

$$W\%_{total} = 100 \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{2 \cdot 6{,}6/9{,}4}\right)^2 + \frac{82{,}7}{100}\left(1 + \frac{2}{2 \cdot 6{,}6/9{,}4}\right)} - \frac{1}{2 \cdot 6{,}6/9{,}4} = 87{,}3\%$$

$$W\% = 87{,}3\% - 73{,}4\% = 13{,}9\%$$

$$W = \frac{W\%}{100} \cdot F_0 \cdot W_0 = \frac{13{,}9}{100} \cdot 3{,}30 \cdot 9700 = 4500 \text{ spire}$$

$$W\%_{max} = fc.W\% = 1{,}09.13{,}9 = 15{,}2\%.$$

Se adaugă izolația (2,5%) și se adună în coloana 8.

Cea de a treia înfășurare *se determină* din figura 6 pentru $W\% = 89{,}8\%$. Se ia un fir de constantan cu $\Phi = 0{,}10$ mm, iar izolația de 2×mătase, cu 260 spire pe strat, cu $w\% = 2{,}5\%$.

Deoarece un strat plin de această sârmă la $W\% = 89{,}8\%$ ar avea 1080 Ω în cazul de față, pentru 800 Ω este nevoie de $\frac{800}{1080} \cdot 260 = 192$ spire, adică de $\frac{192}{2} = 96$ spire bifilare. Stratul va fi umplut în raport cu $\frac{800}{1080} = 74\%$.

Se adaugă izolația exterioară și se adună în coloana 10 : $W\%_{total\ max} = 98{,}9\%$ (<100%).

Tabela 1

Calculul înfășurărilor pentru un releu telefonic (de test)

Înfășurarea	ϕ	Izolant	R_0	W_0	R%	R	W%	W	W% max
I	0,22	Email	7,19	1560	50,0 →	60	59,9 →	3080	
							68,4 →	3100	71,2
2 x hârtie uleiată					→		5,0 →		5,0
					65,3 →		73,4		
II	0,08	Email	345,0	9700	17,4 →	1000	13,9 →	4500	→ 15,2
					82,7 →		87,3		
1x hârtie uleiată					→		2,5 →		2,5
							89,8		
III	0,10	2x Mătase			bifilar →	800	2,5 →		2,5
1x hârtie uleiată					→		2,5 →		2,5
							94,8		98,9

Exemplul 5 (exercițiu): să se calculeze înfășurările unui releu telefonic plat cu datele următoare:

d, h, l... la fel ca și în exemplul 4

$R\,I = 500$ Ohm $\quad W\,I \geqq 9000$

$R\,II = 100$ Ohm $\quad W\,II \geqq 600$

Rezultat (pentru verificare): $\Phi\,I = 0{,}14$ (email), $\Phi\,II = 0{,}10$ (email). $W\,I = 9500$, $W\,II = 700$.

La o bobină cilindrică simetrică, arătată în figura 10, trebue să fie îndeplinite următoarele condiții:

$$\Phi\,I = \Phi\,II = \Phi\,III$$

$$W\,I + W\,III = W\,II$$

$$R\,I + R\,III = R\,II$$

Înfășurările I și III sunt legate în serie, astfel că spirele lor sunt parcurse de curent în același sens.

Bobinându-se cu același fir, când se ia $W\,I = W\,III$, adică $h_1 = h_3 = \frac{h_2}{2}$, în mod automat rezultă $R\,I + R\,III = R\,II$, ceeace pare evident în mod intuitiv și se demonstrează ușor: din formula (10) este $R = c \cdot \frac{d+h}{l \cdot h} \cdot W^2 =$

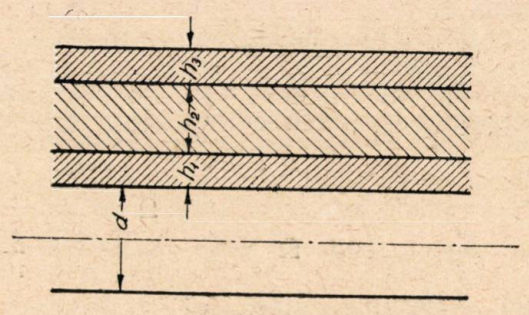


Fig. 10. Bobina cilindrică simetrică

$= c_1 \frac{d+h}{h} \cdot W^2$

$R\,I + R\,III = R\,II$ sau

$$c_1 \cdot \frac{d+h_1}{h_1} \cdot \left(\frac{W}{4}\right)^2 + c_1 \cdot \frac{d+2(h_1+h_2)+h_3}{h_3} \cdot \left(\frac{W}{4}\right)^2 = c_1 \frac{d+2h_1+h_2}{h_2} \cdot \left(\frac{W}{2}\right)^2$$

sau

$$\frac{1}{16} \cdot \frac{d+\frac{h_2}{2}}{\frac{h_2}{2}} + \frac{1}{16} \cdot \frac{d+2\left(\frac{3h_2}{2}\right)+\frac{h_2}{2}}{\frac{h_2}{2}} = \frac{1}{4} \cdot \frac{d+2\frac{h_2}{2}+h_2}{h_2}$$

sau

$2d + h_2 + 2d + 7h_2 = 4(d+2h_2)$ sau

$4d + 8h_2 = 4d + 8h_2$ este identic.

Exemplul 6: Să se calculeze înfășurările unui releu telefonic (de impuls și alimentare), cu datele următoare d, h, l... la fel ca și exemplul 4.

$R\,II = 250$ Ohm, $W\,II \geqq 4500$.

Releul trebue să fie simetric.

F_0 și V_0 s'au calculat pentru problema 4.

F_u, fereastra utilizabilă este mai mică decât F_0, deoarece trebue scăzut $3 \times 2{,}5\%$ pentru hârtie uleiată.

Dacă ar fi nevoie de încă o înfășurare deasupra $W\,III$ și anume cu $R\,IV$ și $W\,IV$, ar trebui să se aprecieze $W\,IV\%$ ocupate de această înfășurare, iar F_u ar fi $F_0 - 4 \cdot 2{,}5\% - W\,IV$.

In cazul de față, fără $W\,IV$, însă ținându-se seamă de fc, se poate aprecia $F_u = 0{,}85\,F_0 = 0{,}85 \cdot 3{,}30 = 2{,}85$ cm².

$$W_0 \geqq \frac{W}{F_u} = \frac{2 \cdot 4500}{2{,}85} = 3160 \text{ spire/cm}^2.$$

Luându-se un fir cu izolație de email, pentru $W_0 = 3160$ din tabelă se găsește $0{,}14 < \Phi < 0{,}15$; fiindcă $3050 < 3160 < 3450$. Deci $\Phi = 0{,}14$.

Pentru un fir cu $\Phi = 0{,}14$ se găsește $R_0 = 39$ Ohm/cm³ (din tabelă), iar $V_0 \cdot R_0 = 16{,}6 \cdot 39 = 650\ \Omega$; $F_0 \cdot W_0 = 11.400$ spire.

Deoarece se cere $R_{total} = 500$ Ohm, $R\% = \frac{500}{650} = 76{,}8\%$.

Ecuația (12) dă $W\% = 82{,}4\%$

Prin urmare $W\,I\% = W\,III\% = \frac{W\,II\%}{2} = \frac{82{,}4}{4} = 20{,}6\%$

$$W\,I = W\,III = \frac{W\,II}{2} = \frac{20{,}6}{100} \cdot 11.400 = 2350 \text{ spire.}$$

In mod automat (după cum s'a demonstrat mai sus) trebue să avem $R\,I + R\,III = R\,II = \frac{500}{2} = 250$ Ohm (teoretic).

In realitate, din cauza izolației de hârtie uleiată între înfășurări, rezistențele vor fi

ceva mai mari. Spre a se compensa anticipat influența hârtiei, s'ar fi putut lua vreo 2300 spire în loc de 2350 spire.

Spre verificare s'a făcut calculul de control sub forma tabelei 2, săgețile indicând succesiunea operațiilor de efectuat.

Tabela 2

Calculul înfășurărilor pentru un releu simetric

Înfășurarea	ø	Izolant	R_0	w_0	R %	R	W %	W	W % max
I	0,14	Email	39,0	3450	13,9	90	20,6	2350	21,1
1 x hârtie uleiată							2,5		2,5
					15,8		23,1		
II	0,14	Email	39,0	3450	39,0	25,3	41,2	4700	42,2
					54,8		64,3		
1 x hârtie uleiată							2,5		2,5
					57,6		66,8		
III	0,14		39,0	3450	25,2	16,4	20,6	2350	21,1
					82,8		87,4		
1 x hârtie uleiată							2,5		2,5
							89,9		91,9

Se constată că a fost de 5 ori nevoie de a se rezolva ecuația (11).

Exemplul 7 (exercițiu): Să se calculeze înfășurările unui releu simetric, plat, cu datele următoare:

$d, h, l \ldots$ la fel ca și în exemplul 4

$R\,II = 500$ Ohm, $W\,II \geqq 6000$

$R\,IV = 100$ Ohm, $W\,IV \geqq 800$

Rezultat (pentru verificare): $\Phi\,I = \Phi\,II = \Phi\,III = \Phi\,IV = 0{,}11$ (email)

$$W\,II = 6100 \quad W\,IV = 850.$$

Dificultățile calculului numeric

In exemplul 4 s'a încercat de două ori ca un anumit Φ (pentru $W\,I$ — cu $\Phi = 0{,}22$, iar pentru $W\,II$ — cu $\Phi = 0{,}08$) și în ambele cazuri s'a dat peste diametrul potrivit, fără tatonări. Și în exemplul 6 s'a apreciat F_u astfel că nu era nevoie de a se reveni asupra diametrului determinat din F_u. Acei care încearcă soluționarea exemplelor 5 și 7 vor constata că practic soluția nu se găsește fără tatonări.

La exemplul 4 s'ar fi putut întâmpla ca $R\,I$ prescris și $W\,I$ cerut să se contrazică, $R\,I$ fiind prea mare față de $W\,I$, pentru carcasa dată. In acest caz se impune amodificarea schemei.

Incercându-se cu $\Phi\,I = 0{,}30$, s'ar fi constatat, că nici prin înfășurare nu încape.

La $\Phi\,I = 0{,}20$ nu ar fi fost cu putință respectarea condiției $W\,I \geqslant 3000$.

$\Phi\,L = 0{,}25$ mergea — pentru prima înfășurare, însă pentru celelalte înfășurări nu mai rămânea aproape nici un spațiu.

Luându-se $\Phi\,II = 0{,}07$ nu se poate îndeplini condiția $W\,I \geqq 4000$.

Iar la $\Phi\,II = 0{,}09$ cea de a doua înfășurare nu încape.

La exemplul 6, firul de $\Phi = 0{,}15$ nu încăpea, ceeace s'ar fi constatat abia la finele calculului de control.

S'au evitat complicațiile care se ivesc la folosirea unor înfășurări combinate, compuse din două fire înădite din materiale diferite (de exemplu cupru și constantan) cu diametre diferite.

In conformitate cu scopul propus, de a se trata aspectele geometrice ale bobinelor cilindrice, problemele s'au pus sub o formă simplificată: In practică, adeseori, diferite înfășurări sunt în același timp parcurse de curent, fluxurile magnetice adunându-se sau scăzându-se unul de altul, ceeace impune servituți la calculul înfășurărilor, care devine cu mult mai dificil, necesitând și mai multe tatonări pentru găsirea soluției.

Mijloace de calcul, vechi și noi.

Analizându-se calculele numerice destul de laborioase, de efectuat pentru determinarea datelor tehnice ale bobinelor cilindrice, se constată că 70%...80% din timpul necesar este consumat de rezolvarea mereu repetată a ecuațiilor (11) și (12) deosebit de incomode, întrucât nu se pretează la logaritmare. Și exactitatea lasă de dorit la calculul cu rigla, mereu întrerupt prin adunări și scăderi.

Deaceea, pentru înlesnirea calculelor numerice de mult se folosesc tabele. Autorul propune pentru efectuarea rapidă și cu efort minim a acestui calcul, o nomogramă reticulară precum și o construcție grafică, cât și o nomogramă cu puncte aliniate, care se va deduce și prezenta într'un articol următor.

La intreprinderi de specialitate (mari)există tabele, care dau $R\% = f_1(W\%)$ și $W\% = f_2(R\%)$ în funcție de parametrul h/d diferența Δ între două valori pentru % întregi înlesnind interpolarea și astfel calcularea cu zecimi de procente. Tabela 3 arată schematic o astfel de tabelă

Tabela 3

$R\% = f_1(W\%)$, $W\% = f_2(R\%)$.

h/d = 0,70				
Δ	R %	%	W %	Δ
	0,6	1	1,7	
0,6	1,2	2	3,3	1,6
0,6	1,8	3	4,9	1,6
0,6	2,4	4	6,5	1,6
0,6	3,0	5	8,1	1,6
1,4	94,4	96	97,2	0,7
1,4	95,8	97	97,9	0,7
1,4	97,2	98	98,6	0,7
1,4	98,6	99	99,3	0,7
	100,0	100	100,0	

Intervalul util pentru h/d este aproximativ 0,20...1,20. Pentru minimul de exactitate necesară, luându-se h/d, din sutime în sutime,

o tabelă completă ar necesita 2.100.100=20 000 de rezolvări ale ecuațiilor (11) și (12), iar volumul tabelei ar fi o cărticică cu 25 pagini. Practic, tabele s'au calculat și se folosesc numai pentru câteva carcase tip din cele mai des utilizate.

La prima vedere o nomogramă reticulară ar fi soluția ideală, întrucât folosirea ei nu ar necesita nici o manoperă.

Ecuația (12) reprezintă o conică și anume o parabolă, deoarece discriminantul $\Delta = 0$.

Analiza ecuației arată că axa parabolei este o paralelă cu axa absciselor ($R\%$) iar coordonatele vârfului (x_v, y_v) și ale focarului (x_F, $y_F = y_v$) precum și parametrul parabolei p se determină după cum urmează :

$$\left.\begin{aligned}(y_v + W\%)^2 &= 2p\,(x_v + R\%)\\ y_v^2 &= 2\,p\,x_v\end{aligned}\right\}\quad \begin{aligned}&2\,y_v\,W\% +\\ &+ W\%^2 = 2\,p\,R\%\end{aligned}$$

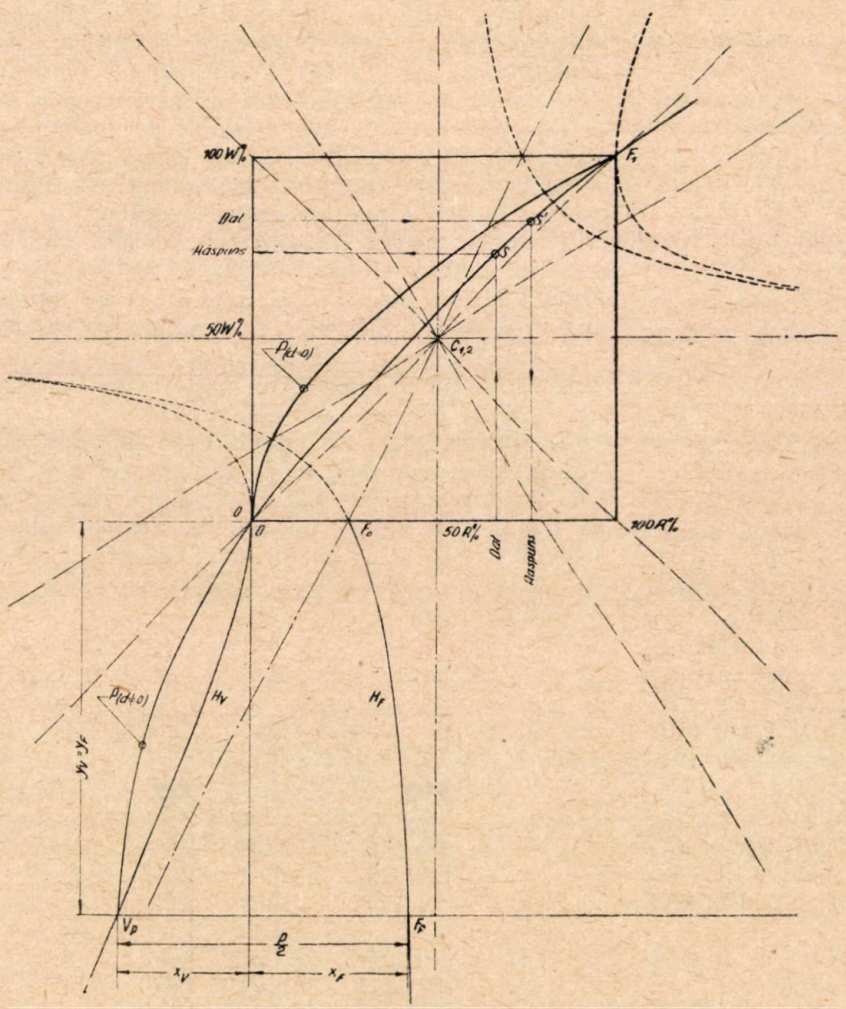


Fig. 11. $W\%=f\,(R\%)$ Proectul monogramei reticulare.

$$R\% = \frac{2y_v + W\%}{2p}\cdot W\% = \frac{2\,y_v\cdot\frac{h}{d} + \frac{h}{d}\cdot W\%}{2p\cdot\frac{h}{d}}\,W\%$$

Comparația cu ecuația (11) dă :

$$100 = 2\,y_v\frac{h}{d} \qquad y_v = \frac{50}{h/d}$$

$$100\cdot\left(1+\frac{h}{d}\right) = 2\,p\,\frac{h}{d}\;;\; p = 50\cdot\frac{(h/d+1)}{h/d} = y_v + 50$$

de unde

$$\frac{50^2}{(h/d)^2} = 2{,}50\cdot\frac{(h/d+1)}{h/d}\cdot x_v\;;\; x_v = 25\cdot\frac{1}{h/d\,(1+h/d)}\;;$$

$$x_F = \frac{P}{2}\cdot x_v = 25\cdot\frac{(1+h/d)}{h/d} - 25\cdot\frac{1}{h/d\,(1+h/d)} = 25\,\frac{2+h/d}{1+h/d}$$

Parabola este arătată în figura 11.

Indiferent de valoarea $\frac{h}{d}$, parabola trece prin punctul ($R\% = 100$, $E\% = 100$). Pentru $d = O$, vârful parabolei se situează în origina coordonatelor ($r\% = O$, $W\% = O$). Pentru $h \ll d$, $\frac{h}{d} \sim O$, se apropie din ce în ce mai mult de dreaptă prin origine, cu tg $\alpha = 1$, iar pentru $d = \infty$ parabola degenerează în această dreaptă.

Prin eliminarea termenului h/d din $x_v = f_1\,(h/d)$ și din $y_v = f_2\,(h/d)$ se obține ecuația locului geometric al vârfurilor parabolei pentru diferite valori h/d.

$$x_v = \frac{y_v^2}{2\,(y_v - 50)}\;;$$

Aceasta este o conică și anume o hiperbolă, deoarece discriminantul $\Delta < 0$. Hiperbola este arătată în figura 11.

Prin eliminarea termenului h/d din $x_F = f_3\,(h/d)$ și din $y_F = y_v = f_2\,(h/d)$ se obține ecuația locului geometric al focarelor parabolei pentru diferite valori h/d :

$$x_F = 50\cdot\frac{y_F - 25}{y_F - 50}\;;$$

Și aceasta este o conică și anume o hiperbolă deoarece discriminantul $\Delta < 0$. Și această hiperbolă este arătată în figura 11.

Prin aceasta se dispune de toate elementele necesare pentru a putea construi ușor familia de parabole, care corespunde intervalului util al raportului h/d și care împreună cu axele $R\%$

și $W\%$ formează o nomogramă reticulară. Aceasta, desenată pe hârtie milimetrică, permite — teoretic — aflarea lui W% pentru un $R\%$ oarecare (și invers), fără altă manoperă decât urmărirea cu ochiul liber sau cu vârful creionului a paralelei cu axa ordonatelor (sau absciselor) dela punctul dat până la intersecția cu parabola, care corespunde carcasei date (h/d dat), în punctul P și urmărirea paralelei cu axa cealaltă până la punctul răspuns pe axa W% (sau R%).

Practic, însă, această nomogramă este de o utilitate redusă : întrucât chiar la un format mare (A3 sau chiar A2) datorită faptului că toate cele 100 parabole (pentru $0{,}20 < d/h < 1{,}20$) trec prin origine și punctul $R\% = 100$, $W\% = 100$, se apropie prea mult, iar prin reducerea numărului lor și interpolare se pierde din exactitate.

Nomograma este utilă numai pentru 4...5 carcase tip dintre cele mai mult întrebuințate. Valoarea ei este aproape egală cu cea a tabelelor.

Există și o metodă grafică bazată pe analiza parabolei de mai sus care poate da rezultate în lipsa nomogramei.

Principiul constă în folosirea parabolei pentru $d = O$ și pentru carcase reale, cu orice raport h/d.

Ca o parabolă oarecare pentru $d \neq O$, din familia de parabole $R\% = f(W\%)$, să coincidă cu o parabolă pentru $d = O$, toate ordonatele trebue să fie scurtate în raportul $\frac{x_v + 100}{y_v + 100}$, adică trebue să se efectueze o transformare afină (prin rotire în jurul axei $y = y_v$) (Fig. 12).

După transformare, distanța A între axa absciselor și axa de rotire ($y = y_v$) va fi :

$$A = \frac{y_v + 1000}{y_v + 100} \cdot y_v, \text{ unde } y_v = \frac{100}{2\,h/d};$$

Pentru noua parabolă, latura patratului circumscris (care corespunde $R\% = W\% = 100$) ar fi $L = x_v + 100$.

Pentru a se putea folosi vechea parabolă pentru $d = O$, totul trebue micșorat în raport

$$\text{cu } \frac{100}{L} = \frac{100}{x_v + 100}.$$

Atunci distanța A se va transforma în a :

$$a = A \cdot \frac{100}{x_v + 100} = \frac{x_v + 100}{y_v + 100} \cdot y_v \cdot \frac{100}{x_v + 100} =$$

$$= 100 \cdot \frac{y_v}{y_v + 100} = 100 \cdot \frac{1}{1 + 2\,h/d}$$

Din ecuația parabolei pentru $d = O$ ($y^2 = 100\,x$), se obține ușor :

$$\text{(abscisa punctului care corespunde originei)} = \frac{a^2}{100}$$

$$\text{Abscisa punctului } P_x \ldots\ 100 \cdot \frac{b}{a} = a$$

$$\text{Ordonata punctului } P_y \ldots\ 100 \cdot \frac{a}{b} = \frac{100^2}{a}$$

Intervalul util pentru h/d este 0,2...0,8 (în cazuri foarte rare până la 1,2).

Întocmindu-se tabela auxiliară 4 schițată și construindu-se odată pentru totdeauna singura parabolă $y^2 = 100\,x$ (la care abscisele în mm sunt pătratele ordonatelor în cm, focarul are coordonatele $x = 25$, $y = 50$, cu tangenta $m = 1$, iar punctul $x = y = 100$ are tangenta $m = 0{,}5$), pentru o carcasă dată se ia din tabela auxiliară valoarea a (pentru $y = a$ și P_x) și se găsesc prin tasarea dreptei

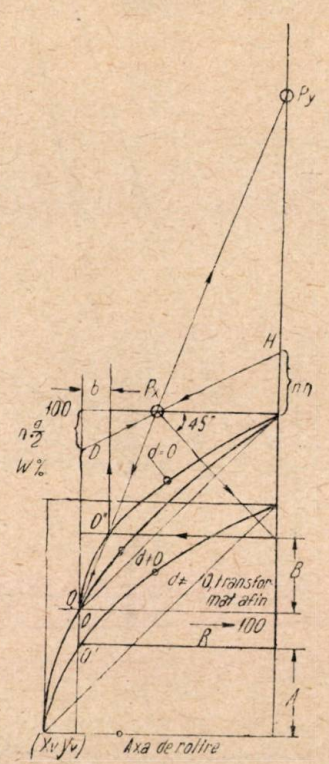


Fig. 12a $R\%$ din $W\%$ (și invers) Metoda grafică. Transformarea parabolei pentru $d \neq O$ în parabola $d = O$

$O \div P_x$ (la intersecțiile cu $x = 100$ și $y = a$) punctul P_y și dreapta $x = b$, sau (mai exact) se ia și ordonata punctului P_y din tabelă, valoarea pentru b din tabelă permițând un control.

Tabela 4

Tabelă auxiliară pentru metoda grafică pentru determinarea W% = f (R%) și invers.

h/d		0,20	0,80	1,00	1,20
a	(P_x)	71,43	38,46	33,33	29,40
$100^2/a$	(b)	140,00	260,00	300,00	340,00
$a^2/100$	(P_y)	51,10	14,80	10,80	8,70

Relația $a = 100 \cdot \frac{1}{1 + 2h/d}$ scrisă sub forma $\frac{h}{d} = \frac{100 - a}{2a}$ se poate chiar intui direct, întrucât

pentru carcasa plină ($W\,\% = 100$) valoarea a corespunde cu $\frac{d}{2}$ iar $(100\text{-}a)$ cu h.

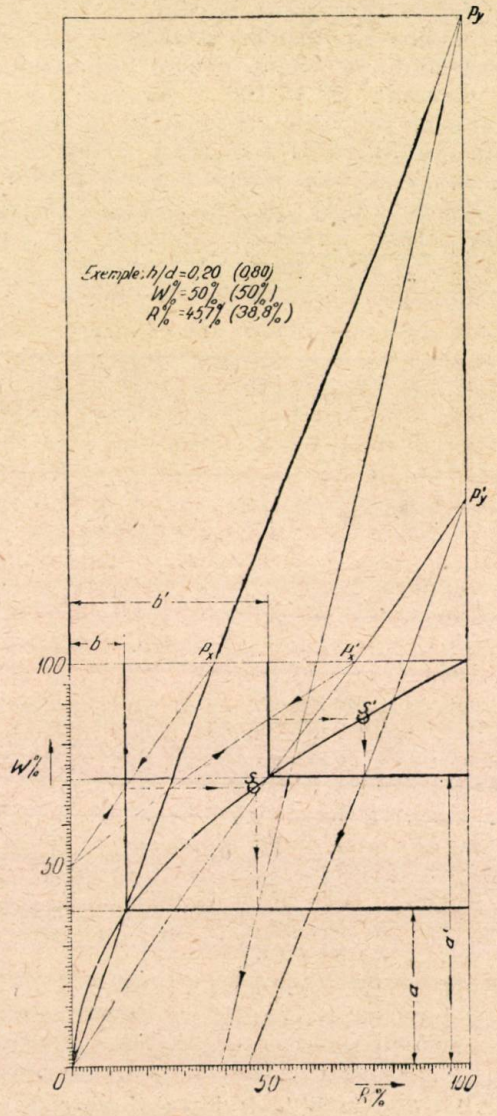


Fig. 12b $R^0/_0$ din $W^0/_0$ (și invers) Metoda grafică.

Rezultă posibilitatea de a se găsi a (sau P_x) pe calea grafică, la intersecția dreptei $y = 100$ cu dreapta $D-H$, pentru care D se determină din $\frac{d}{2}$, H se determină din h.

Dreapta $y = a$ se găsește ușor la intersecția unei drepte auxiliare din P_x, sub 45° cu dreapta $x = 100$, restul construcției făcându-se după cum s'a indicat mai sus (fig. 12 a). Pentru a se evita intersecții sub unghiuri prea mici se recomandă a se lua (pentru determinarea punctelor D și H) un multiplu potrivit: $n \cdot \frac{d}{2}$ și $n \cdot h$ (de exemplu: $10 \cdot \frac{d}{2}$ și $10 \cdot h$).

Figura 12 b arată, cum se obține din $W\,\%$ valoarea corespunzătoare pentru $R\,\%$ (și invers): Intersecția dreptei $W\,\% \div P_x$ cu dreapta $x = b$ determină orizontala, care la intersecția S cu parabola unică, determină o verticală, care la intersecția cu dreapta $y = a$ dă raza din P_y care dă răspunsul $R\,\%$. La fel intersecția dreptei $R\,\% \div P_y$ cu dreapta $y = a$ determină verticala, care la intersecția S cu parabola unică, determină o orizontală, care la intersecția cu dreapta $x = b$ dă raza din P_x, care dă răspunsul $W\,\%$.

Exactitatea metodei depinde de exactitatea reprezentării parabolei și de meticulozitatea proiectantului. Intersecții sub 30° nu există. Graficul și tabela auxiliară se trec pe un format A4.

Lucrările premergătoare (construirea parabolei, calcularea tabelei) sunt ușoare, reproducerea — deci — înlesnită.

Folosirea, însă, este destul de greoaie: două drepte de tras (pe hârtie milimetrică) și 3 intersecții.

Intr'un articol următor se va prezenta o nomogramă cu puncte aliniate, soluție ideală pentru întrebuințare, însă mai dificilă în ceeace privește demonstrația, construcția și reproducerea.

Bibliografie

Carmazov N.: Telefonia automată, Sviazisdat, Moscova 1948.
Chitaev E. V.: Telefonia, Sviazisdat, Moscova, 1949.
Davadovschi V.: Centrale telefonice automate, Sviazisdat, Moscova 1951.
Martianov B. C.: Proiectarea aparatajului telefonic, Gosenergoizdat, Moscova 1949.

★

ВКЛАД В ГЕОМЕТРИЮ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КАТУШЕК

Резюме

Производится анализ геометрии цилиндрических катушек и указывается ряд расчетных методов для более точного и быстрого решения практических задач, ввиду повышения производительности труда по проектированию.

DOUĂZECI DE ANI DE ACTIVITATE A ASOCIAȚIEI UNIONALE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN INDUSTRIA ELECTROTEHNICĂ*)

Energeticienii din Rusia au început să se unească în a doua jumătate a secolului al XIX în Asociația Rusă a Tehnicienilor și în Societatea de Fizică și Chimie de pe lângă Universitatea din Petersburg, iar la Moscova — în Asociația Amatorilor de Științe Naturale, Antropologie și Etnografie. Dacă termo și hidrotehnicienii erau împărțiți în diverse secțiuni ale Asociației Ruse a Tehnicienilor, în schimb electricienii, începând cu anul 1880, adică din momentul înființării celei de a șasea secții (electrotehnice), aveau un centru unic. Inainte de revoluție, energeticienii se ocupau în special cu propagarea noii tehnici energetice și cu apărarea priorității naționale. Se înțelege dela sine, că în condițiile regimului țarist, tehnicienii nu puteau avea o influență însemnată asupra desvoltării energeticei ruse. Marea Revoluție Socialistă din Octombrie a deschis o cale largă pentru forțele productive ale țării. Chiar în primele luni ale existenței puterii sovietice, în proiectul său pentru lucrările tehnico-științifice, V. I. Lenin a arătat că „...electrificarea industriei și transportului și utilizarea electricității în agricultură" constituie o problemă de importanță primordială. In plin război civil, în Februarie 1920, a fost înființată Comisia de Stat pentru Electrificarea Rusiei, care a strâns pe fruntașii energeticieni în jurul acestei opere măreție.

La 8 Octombrie 1921, în salutul său către al VIII-lea Congres al Electrotehnicienilor din Rusia, V. I. Lenin scria: „...Cu ajutorul congresului vostru, cu ajutorul tuturor electrotehnicienilor din Rusia și a celor mai bune forțe științifice fruntașe din lumea întreagă, cu eforturile eroice ale avangărzii muncitorilor și țăranilor, vom învinge această problemă, vom realiza electrificarea țării.

Salut al VIII-lea Congres Rus al Electrotehnicienilor și-i doresc un succes deplin în munca sa".

Inalta apreciere a importanței și posibilităților, ce a fost acordată electrotehnicienilor în salutul lui Lenin, a fost primită de congres ca o sarcină de bătălie trasată de partid.

Sub conducerea celui mai apropiat colaborator și a genialului continuator al operei lui Lenin — marele Stalin, planul Comisiei de Stat pentru Electrificarea Rusiei a fost cu mult depășit. In anii cincinalelor staliniste au crescut sensibil și neîntrerupt volumul, ritmul și nivelul tehnic al electrificării economiei naționale.

Timp de peste 10 ani energeticienii din URSS erau uniți în jurul Consiliului Central Electrotehnic. Mai existau și alte organizații ale energeticienilor, ele însă aveau o importanță mai mică.

In anul 1931 Comitetul Central al P. C. (b) a pus în fața asociațiilor de ingineri și tehnicieni sarcina de a sprijini introducerea în industrie a realizărilor științei și tehnicei, a ajuta progresul tehnic în toate ramurile economomiei naționale și la perfecționarea cunoștințelor membrilor săi.

Spre deosebire de alte asociații științifice ale inginerilor și tehnicienilor, Asociația Unională a Inginerilor și Tehnicienilor din Industria Electrotehnică, în forma sa actuală, a fost organizată mult mai târziu. Aceasta se explică prin faptul, că un timp îndelungat exista Comitetul Energetic Unional.

Comitetul Energetic Unional era organul executiv al primului congres energetic unional, care a avut loc în anul 1928 și care a unificat al IV-lea congres unional termotehnic și al IX-lea congres electrotehnic. In Martie 1933, Congresul Unional al Inginerilor și Tehnicienilor a luat hotărîrea de a crea Asociația Unională a Inginerilor și Tehnicienilor din Industria Electrotehnică. Președintele primului birou de organizare a Asociației a fost acad. A. V. Winter. Intrucât asociația energeticienilor nu avea pe teren organizațiile sale, s'a considerat ca rațională fuzionarea sa cu Comitetul Energetic Unional care avea în acea vreme 20 comitete energetice regionale și de ținut. Noua organizație, creată în Septembrie 1933, a fost denumită Comitetul Unional Energetic al Muncitorilor, Oamenilor de Știință, Tehnicienilor și Inginerilor. Comitetul Unional Energetic avea 7 sectoare: electrotehnic, termotehnic, probleme complexe, energetica industrială pe ramuri de activitate, energetica agricolă, nuclee energetice și ridicarea calificării. Sectorul pentru ridicarea calificării a organizat prin comitetele energetice o vastă rețea de cursuri, care pregătea în special cadre de electricieni, fochiști, mecanici și alte profesiuni de muncitori. Numeroase nuclee energetice la întreprinderi au strâns în jurul lor pe muncitori și personalul tehnico-inginerese, având ca scop a colabora la realizarea economiei de combustibil, energie electrică și termică.

In timpul existenței sale, Comitetul Unional Energetic și Comitetul Unional Energetic al Muncitorilor, Oamenilor de Știință, a Tehnicienilor și Inginerilor au putut desfășura activitatea lor numai în sectoarele electrotehnic

*) Din revista Electricestvo 3 (1953).

și termotehnic, care cuprindeau secțiile : electrificarea industrială, protecția și automatica, materiale electroizolante, linii de transport de înaltă tensiune, electrificarea transportului industrial, electrificarea transportului de bază, tehnica iluminatului, instalații de cazane, turbine cu aburi, consumatori industriali de combustibil, cuptoare industriale, gazeificarea și folosirea gazului, motoare cu ardere internă și materiale termoizolante.

Intre realizările mai importante ale C.U.E.S.T.I. face parte organizarea conferințelor unionale cu privire la materiale electroizolante, mecanisme electrice de acționare, aparatajul de control și măsurare, transmiterea energiei electrice la distanțe mari, arderea cărbunelui din regiunea Moscovei, motoare cu combustie internă, precum și organizarea primului congres unional de termoficare. Majoritatea acestor conferințe spre sfârșitul primului cincinal stalinist aveau ca scop determinarea căilor de desvoltare a ramurilor respective ale energeticei pentru al doilea cincinal.

C.U.E.S.T.I. avea câteva reviste. Astfel, de pildă, comitetul energetic ucrainean edita revista „Energetica", revista „Tehnica Iluminatului" era organul Direcției Generale a Industriei Electrice și al C.U.E.S.T.I.

La 27 Februarie 1935, prin hotărîrea Congresului Unional al Inginerilor și Tehnicienilor a fost creată Asociația Unională a Electricienilor. Chiar în primele 2 luni de existență, asociația avea aproximativ 400 membri.

La 16 Iunie 1935, Congresul Unional al Inginerilor și Tehnicienilor a hotărît transformarea Asociației Unionale a Electricienilor și a C.U.E.S.T.I. în Asociația Unională Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din Industria Electrotehnică (VNITOE). Primele organizațiuni ale VNITOE au fost înființate la Leningrad, Moscova, Harcov, Chiev, Rostov-pe-Don, Odessa, Dnepropetrovsc, Sverdlovsc și Gorchi.

In anii postbelici Asociația a creat o serie de organizații noi. Dacă în 1944 VNITOE avea 44 organizații de bază, la sfârșitul anului 1952 numărul lor s'a ridicat la aproximativ 650. In prezent VNITOE are peste 18.000 membri, uniți în 30 secții regionale și republicane.

Activitatea tehnico-științifică a VNITOE a fost determinată de sarcinile, ce au fost puse de Partidul Comunist al Uniunii Sovietice în domeniul energeticei.

Chiar în primii ani ai existenței sale, organizațiile VNITOE au acordat ajutorul lor organelor de planificare, supunându-le propuneri, ce au rezultat în urma discutării planurilor generale de desvoltarea energeticei pe raioane. Participarea activă la activitatea Asociației a oamenilor de știință, inginerilor, tehnicienilor și muncitorilor inovatori, a permis o largă desvoltare a criticii și autocriticii în știință și tehnică. Propunerile asociației au fost dirijate spre ridicarea utilizării complexe a resurselor energetice și spre introducerea tehnicei mai perfecționate.

O importanță deosebită o aveau conducerea organizațiilor Asociației asupra construcțiilor energetice și consfătuirile în legătură cu problemele de studii, cercetări, proiectarea, construirea și montajul centralelor electrice. In total au avut loc peste 60 de consfătuiri de acest fel. Pentru întărirea legăturii între energeticieni și marile construcții ale comunismului, o mare însemnătate a avut deplasarea plenumului conducerii Asociației în Aprilie 1951 la Zaporojie și în Martie 1952 — la Cuibâșev. La plenumul dela Zaporojie au fost ascultate și discutate rapoartele inginerului-șef V. N. Simacov dela construcțiile hidroenergetice din Ucraina, în legătură cu proiectele pentru construcția canalelor din Ucraina și a inginerului F. B. Luctanov (inginerul șef al proiectului) despre proiectul hidrocentralei din Cahovca, iar la Cuibâșev, raportul inginerului șef al construcției nodului hidroelectric din Cuibâșev, N. F. Sapoșnicov, „Despre primele rezultate și perspective ale construcției centralei hidroelectrice din Cuibâșev, și „Despre cerințele ce se impun energeticienilor". In urma acestor plenumuri, s'au elaborat și s'au îndeplinit o serie de lucrări concrete.

Asociația a trimis la construcțiile comunismului brigăzi și diverși specialiști pentru punerea la punct a alimentării energetice, pentru îmbunătățirea tehnicii de exploatare a utilajului energetic, darea consultațiilor în legătură cu problemele legate de efectuarea lucrărilor, etc. In legătură cu terminarea construcției canalului navigabil Volga-Don, ce poartă, numele lui V. I. Lenin și a hidrocentralei din Țimlianscaia, VNITOE a organizat în 1952 o serie de sesiuni tehnico-științifice, în legătură cu rezultatele obținute în construcție. Cele mai importante sesiuni au fost cele din Rostov-pe-Don și Leningrad.

Asociația a acordat o atenție deosebită problemelor de hidroenergetică. In Iunie 1941, a fost convocată prima conferință unională în legătură cu exploatarea centralelor hidroelectrice a căror activitate a fost întreruptă de începerea Marelui Război pentru Apărarea Patriei.

In 1946 a avut loc a doua și în 1953 a treia consfătuire pentru exploatarea centralelor hidroelectrice. Consfătuirile pe grupuri în legătură cu exploatarea centralelor hidroelectrice au avut loc în Georgia și Armenia. Aceste consfătuiri au centralizat experiența înaintată în exploatare, ajutând la descoperirea unor rezerve însemnate pentru ridicarea randamentului centralelor hidroelectrice.

Un loc însemnat în Activitatea Asociației l-au ocupat problemele de termoenergetică. In concordanță cu indicațiile partidului, cu privire la folosirea combustibilor locali, Asociația a organizat peste 40 conferințe în legătură cu problema arderei raționale a combustibililor locali de calitate inferioară.

S'a organizat o serie de conferințe cu privire la cazane și turbine cu aburi, în care s'au pus importante probleme în legătură cu utilizarea însemnatelor rezerve pentru ridicarea randamentului centralelor termoelectrice. Asociația a pregătit recomandări detailate, pentru economia apelor la centralele termoelectrice și pentru condensatorii turbinelor cu aburi, care au fost adoptate la conferințele, ce s'au ocupat de aceste probleme și realizate în sistemele energetice.

In domeniul termoficării, VNITOE a acordat un ajutor gospodăriei energetice în problema însușirilor metodelor noui de alimentație termică, în desvoltarea rețelelor termice, aplicarea unei izolații mai perfecționate.

In ultimii ani, VNITOE, a devenit un centru, care întrunește pe toți tehnicienii din energetica comunală, industrială și rurală.

Un însemnat ajutor a fost acordat energeticei de mică capacitate pentru reducerea pierderilor de combustibil și mărirea securității în funcționarea micilor baterii de cazane.

Comitetul de gazeificare VNITOE, a unit încă în 1938, cadrele tehnice, care lucrează în domeniul de fabricare și de distribuție a gazului.

VNITOE a contribuit la desvoltarea energeticei de transport din URSS. Asociația a elaborat o serie de propuneri în legătură cu crearea diverselor tipuri de centrale și substații electrice mobile, care au fost adoptate pentru realizare.

In prezent, comitetul pentru energetica mobilă VNITOE, se ocupă cu problemele centralelor electrice și substațiilor mobile pentru marile șantiere și exploatări forestiere.

In activitatea VNITOE între problemele termotehnicei industriale, un loc însemnat îl ocupă cuptoarele industriale.

Secțiile de termotehnică și electrotehnică industrială, centralizează și popularizează la consfătuirile și plenarele sale experiența fruntașă în utilizarea resurselor energetice secundare, economia energiei electrice și termice în baza perfecționării procesului tehnologic, analizează metode noi de normare a consumului de energie, discută experiența conceperii și analizării bilanțului energetic, contribuie la crearea și răspândirea mijloacelor mai perfecționate ale tehnicei securității etc,.

Se poate considera că, VNITOE a devenit un centru, care unește pe energeticienii intreprinderilor industriale. Un rol însemnat în această realizare l-au avut, începând cu anul 1934, conferințele-cursuri organizate și consfătuirile, care se repetă anual, în legătură cu exploatarea rațională a gospodăriilor energetice, economia de energie, concursurile organizate de VNITOE împreună cu Inspectoratul de Stat pentru controlul energetic și energetica industrială începând cu anul 1945, pentru cea mai bună propunere de economie a energiei electrice și termice.

Electrificarea agriculturii, care s'a desvoltat cu deosebire în anii postbelici, s'a desfășurat cu participarea activă a VNITOE. Intre numeroasele consfătuiri, organizate de VNITOE în legătură cu electrificarea agriculturii, trebuie să menționăm consfătuirile în legătură cu utilajul energetic necesar agriculturii (1949), aplicarea energiei electrice în agricultură (1950) și stațiuni de tractoare și mașini electrice (1953).

In primii 12 ani ai existenței sale, VNITOE a activat în toate ramurile electrotehnicei, inclusiv electrotelecomunicațiile. In 1945 Congresul Unional al Inginerilor și Tehnicienilor a recunoscut ca rațională separarea ramurei electrotelecomunicații într'o asociație independentă. O astfel de asociație, care poartă denumirea de Societatea de Radiotehnică și Electrotelecomunicații „Popov" a fost creată în 1945.

Organizațiile VNITOE au acordat o atenție deosebită următoarelor probleme : construcția mașinilor electrice, construcția de aparate electrice, desvoltarea rețelelor de înaltă și joasă tensiune, izolația electrică, automatica și telemecanica, tehnica iluminatului, desvoltarea dispozitivelor de acționare electrică, electrotermie, terminologia tehnică etc.

Secția mașini electrice VNITOE a discutat în mod regulat noile serii de mașini, proiectele turbogeneratoarelor și hidrogeneratoarelor de mare putere, a analizat experiența obținută în exploatare. Intre consfătuirile VNITOE în acest domeniu trebuie să menționăm sesiunea unională tehnico-științifică pentru mașini electrice, ce a avut loc în 1946. Această sesiune a trasat linia tehnică în domeniul construcției de mașini electrice pentru un șir de ani.

VNITOE a organizat sesiuni și conferințe tehnico-științifice pentru problema mecanismelor electrice de acționare, necesare industriei metalurgice, petrolifere, miniere, construcțiilor de mașini de hârtie, textile și altor ramuri industriale.

O serie de consfătuiri a avut loc în legătură cu problema supratensiunilor și protecției împotriva descărcărilor atmosferice, exploatarea liniilor de transport de înaltă tensiune, aparatajul de înaltă tensiune, crearea laboratoarelor pentru încercarea întreruptorilor de înaltă tensiune, în legătură cu organizarea fabricării dispozitivelor de distribuție complexe, precum și cu alte probleme ale tehnicei de înaltă tensiune.

In domeniul rețelelor electrice urbane VNITOE a organizat o serie de consfătuiri de proporții mari, consacrate principiilor raționale ale construcției rețelelor electrice urbane, unei juste repartiții a sarcinilor etc.

Secția electrotermie a studiat noile construcții de utilaj electrotermic și a contribuit la răspândirea noilor metode de prelucrare a materialelor.

In domeniul automaticei și a telemecanicei, VNITOE a organizat consfătuiri și vizitarea publică a noilor instalații și a aparatajului respectiv.

Cele mai vechi secții ale VNITOE sunt secțiile (birourile) de izolație electrică și tehnica iluminatului.

VNITOE a acordat ajutorul său la crearea industriei, de materiale electroizolante de calitate superioară, ceeace a contribuit la acoperirea prin producție internă a unor materiale care înainte se importau.

Secția pentru tehnica iluminatului a contribuit la perfecționarea surselor de lumină, a participat la elaborarea și a contribuit la introducerea metodelor noi de calcul pentru instalațiile de iluminat și la fixarea normelor de iluminat.

De mai mulți ani Asociația lucrează în domeniul transportului electric. Recomandările VNITOE pentru utilajul electric de tracțiune, perfecționarea construcțiilor de locomotive electrice și alimentarea cu energie electrică a porțiunilor electrificate de căi ferate, au fost utilizate de industrie.

Deasemenea, organizațiile VNITOE au activat și în domeniul tehnicei heliumului, energetica eoliană etc.

Important este și aportul VNITOE în domeniul elaborării regulilor, normelor standardelor, etc.

VNITOE organizează anual întreceri socialiste pentru introducerea în industrie a tehnicei înaintate, în care sunt atrași peste 2/3 din membrii Asociației. Majoritatea lucrărilor se execută de către brigăzile complexe sub egida colaborării creatoare. O importanță însemnată o au concursurile organizate de Asociație, în legătură cu mecanizarea proceselor, care necesită o manoperă grea, pentru cea mai bună lucrare în domeniul hidroenergeticei, concurs ce poartă numele lui B. E. Vedeneev și G. O. Graftio, pentru cea mai bună propunere pentru economia de energie electrică și termică și o serie de concursuri mai mici cu destinație specială. O singură aplicare a propunerilor aprobate la concurs, a realizat o economie de peste 1,5 miliarde kWh energie electrică. VNITOE organizează anual sute de seminare și cursuri de tematică, legate de tehnica nouă. Incepând cu anul 1938, VNITOE avea un institut propriu pentru cursuri fără frecvență, care în anul 1945 a fost trecut Ministerului Energiei Electrice, iar apoi Ministerului Invățământului Superior.

Organizațiile VNITOE organizează anual câteva mii de referate științifice și tehnice și discuții creatoare, în legătură cu problemele actuale ale energeticei sovietice.

In anii Marelui Războiu pentru Apărarea Patriei, organizațiile VNITOE au contribuit la organizarea alimentării cu energie electrică în grelele condiții de războiu, au acordat ajutor tehnic pentru utilizarea deșeurilor combustibile și arderea gudronului acid și altor înlocuitori, la adaptarea motoarelor cu ardere internă pentru gaz, termoficarea spitalelor și altor instituții militare prin utilizarea resurselor energetice secundare, la utilizarea materialelor locale pentru obținerea unor materiale electroizolante și termoizolante de bună calitate. O atenție deosebită a fost acordată de către VNITOE pregătirii cadrelor de energeticieni, pentru înlocuirea celor plecați pe front. Pe măsură ce teritoriile sovietice au fost eliberate de dușman, organizațiile VNITOE au acordat ajutorul lor în lucrările de reconstrucție.

In cei 20 de ani de existență, VNITOE a editat peste 5000 coli de autor tratând diverse subiecte. Pe lângă lucrările consfătuirilor și conferințelor tehnico-științifice, cursurile Institutului de Perfecționare, precum și cursuri-conferințe, a fost publicată o serie de broșuri în ajutorul energeticienilor din industrie. Majoritatea secțiilor VNITOE a editat culegeri, care au centralizat experiența în crearea unui utilaj nou, în economia energiei electrice și termice, în care se expuneau valoroasele lucrări de creație ale membrilor Asociației.

In acești ani VNITOE a ocupat în numeroase rânduri un loc de frunte în întrecerile socialiste între asociațiile științifice. In 1952 VNITOE a fost recunoscută ca învingătoare în întrecerile socialiste ale asociațiilor și i s'au acordat un premiu și Drapelul Roșu.

Pe lângă rezultatele pozitive, VNITOE, în activitatea sa, are și o serie de deficiențe esențiale. Asociația nu a devenit încă într'adevăr o organizație de masă a energeticienilor sovietici, ea se sprijină încă prea puțin în activitatea sa pe ingineri-inovatori și muncitori stahanoviști din industrie. Este necesar, ca Asociația să întărească ajutorul efectiv, dat economiei naționale, să ridice vigilența în munca sa, ridicându-se la nivelul problemelor, ce au fost puse în fața oamenilor sovietici de către Partidul Comunist și tovarășul Stalin.

Directivele istorice ale celui de-al XIX-lea Congres al partidului, cu privire la cel de al cincilea plan cincinal pentru desvoltarea economiei naționale și geniala lucrare a tovarășului Stalin „Problemele economice ale socialismului în URSS" deschid perspective uriașe pentru munca creatoare a energeticienilor sovietici — membrii VNITOE.

Doctor în științe tehnice prof. *A. M. Zalesschi*
și ing. *G. O. Lovit*

INDICAŢIUNI PENTRU AUTORI

Redacţia roagă autorii să ţină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal şi ale Planului de Electrificare şi să reflecte munca şi realizările dela locul de producţie precum şi însuşirea experienţei şi tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel ştiinţific şi tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate şi într'un stil clar, sobru şi concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academiei R.P.R., iar notaţiile şi termenii tehnici să fie în concordanţă cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depăşească, în general, 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la maşină, în dublu exemplar, pe o singură faţă a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeţ, pe ambele exemplare.
In mod excepţional articolele vor putea fi scrise şi de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeţ şi tot pe o singură faţă a hârtiei.

6. Articolele să fie însoţite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoţite de desene, grafice şi fotografi; numărul lor să fie însă numai cel strict necesar înţelegerii textului.
Desenele să fie executate în tuş negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepţional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate şi clare. Indicaţiile sau notaţiile de pe desene vor fi scrise citeţ. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puţin 9 × 12 cm.
Desenele, graficele şi fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se şi o listă a lor, care să cuprindă neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu ce menţionat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală şi foarte citeţ. Indicii să fie scrişi mai jos, iar exponenţii mai sus; şi unii şi ceilalţi, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate şi să se indice unităţile de măsură în care sunt alcătuite. Unităţile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conţinutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenţie pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligaţi ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea şi editura, anul apariţiei, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeţ, numele şi pronumele complect, adresa, instituţia unde lucrează şi numerele de telefon, spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie, precum şi domiciliul şi circumscripţia financiară pentru a li se putea remite drepturile de autor.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituţiei respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligaţi să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmiţându-se nicio modificare faţă de manuscris.

14. Remunerarea articolelor şi a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POŞTALE DELA ORAŞE ŞI SATE, PRIN FACTORI POŞTALI, PRIN PROPAGANDIŞTI, PRECUM ŞI LA SECŢIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

Tarif pentru întreprinderi — *LEI 96 anual*

„ pentru muncitori, tehnicieni, ingineri — *LEI 30 „*

EDITURA ENERGETICA DE STAT

Publică lunar:

ANUL I — Nr. 6 REVISTA „ELECTROTEHNICA" Iunie, 1953

E 2040/d

KAT

Institut de Cercetare Tehnică
BUCUREŞTI
ÖRMEK - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Országos Mű-zaki Könyvtár
BUDAPEST

1900

7

PENTRU UZ INTERN

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

1953

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

APARE LUNAR SUB INGRIJIREA UNUI COMITET DE REDACŢIE

Anul I • Nr. 7 Iulie 1953

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

CUPRINSUL

Pag.

M. Popov: Rezolvarea simplă a reţeleior electrice printr'o nouă metodă 3

V. Corlăţeanu şi Gh. Şerban: Funcţionarea mutatotorilor cu vapori de mercur în paralel cu generatori de curent continuu 12

Gh. Cosmin: Consideraţiuni asupra construcţiei aparatajului antigrizutos 19

E. Hoppe: Nomograma pentru calculul bobinelor cilindrice 25

C. Arie: Metodă rapidă şi economică de proiectare a transformatorilor de puteri mici 29

DISCUŢII

D. Marc: Observaţii la articolul „Descărcătorii tubulari" de ing. A. Popa 32

NOTE

G. Brenner: Intrerupător automat trifazic cu protecţie contra supraintensităţii şi cu dispozitiv de reconectare automată repetată a motoarelor în scurtcircuit în cazul întreruperilor de alimentare. Inovaţia tehnicianului Repeţeanu Alexandru 32

Gh. Suceveanu: Influenţa rezistenţei aparente asupra aprinderii şi menţinerii arcului de sudură 35

DOCUMENTARE

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

М. Попов: Простое решение электрических сетей новым методом 3

В. Корлацяну и *Г. Шербан:* Работа ртутных выпрямителей параллельно генератором постоянного тока 12

Г. Космин: Соображения о конструкции взрывобезопасной аппаратуры 19

Е. Хоппе: Номограмма для рассчета цилиндрических катушек 25

К. Арие: Экономический и быстрый метод проэктирования трансформаторов малой мощности 29

ДИСКУССИИ

Д. Марк: К статье инж. А. Попа „Трубчатые разрядники" 32

ЗАМЕТКИ

Г. Бреннер: Трехфазный автоматический выключатель с токовой защитой и АПВ для короткозамкнутых двигателей в случае перерыва в питании. Изобретение техника Репецяну Александра 32

Г. Сучевяну: Влияние кажущегося сопротивления на зажигание и поддерживание сварочной дуги . 35

ДОКУМЕНТАЦИЯ

REDACŢIA: Bucureşti, B-dul 1848 Nr. 10
Raionul Tudor Vladimirescu
Telefon: 30730 — 35728

REZOLVAREA SIMPLĂ A REȚELELOR ELECTRICE PRINTR'O NOUĂ METODĂ

Ing. M. POPOV

Se expune o metodă care permite calculul rețelelor electrice pe căi relativ mai simple decât acelea aplicate în metodele cunoscute până acum. Metoda se bazează pe o proprietate a determinanților unei rețele, care permite descompunerea rețelei date într'un număr de rețele elementare, al căror calcul este imediat. Rezultatul se scrie direct, din simpla examinare a rețelei date și a rețelelor elementare, conform regulilor expuse în lucrare.

1. INTRODUCERE

Cea mai simplă expresie matematică a curenților și tensiunilor dintr'o rețea electrică se obține — după cum se știe — prin descompunerea rețelei în contururi independente. Dacă n este numărul circuitelor independente, curenții circulari prin aceste n circuite sunt dați de un sistem de n ecuații lineare cu n necunoscute. Aplicarea regulei lui Kramer la rezolvarea acestor ecuații conduce la expresii ale curenților în funcție de niște determinanți care au ca elemente impedanțe din rețea sau sume de impedanțe [1] *). Calculul efectiv al acestor determinanți este însă în general dificil. Mai mult, el comportă o serie de calcule inutile, pentrucă în desvoltarea determinanților, vom găsi întotdeauna un număr considerabil de termeni, care se anulează reciproc [2]. Aceasta ne îndreptățește să afirmăm că în practică rezolvarea rețelelor prin această metodă este ocolită, căci ea necesită o cantitate considerabilă de efort. Apare necesitatea stabilirii unei metode de calcul, care să elimine acest efort inutil, conducând mai direct pe calculator la rezultatul final.

Primele rezultate ale autorului în această direcție au făcut obiectul unei comunicări la Academia R.P.R. și sunt în curs de publicare. In articolul de față, se vor prezenta aceste rezultate într'o formă mai simplă și se vor adăuga alte rezultate noi. Părții aplicative i se va da o extindere mai mare, astfel încât articolul de față să fie suficient pentru justa înțelegere și aplicare a metodei.

2. O PROPRIETATE GENERALĂ A DETERMINANȚILOR REȚELEI

Se consideră o rețea electrică oarecare și se pune întrebarea cum intervine o impedanță oarecare din rețea în expresiile desvoltate ale determinanților rețelei. Se alege deci o impedanță Z_a din rețea, impedanță care se va numi în cele ce urmează impedanță de referință, și se reprezintă rețeaua în felul arătat în fig. 1, unde s'a însemnat printr'un dreptunghiu o rețea arbitrară. Pentru a rezolva rețeaua, este necesar în primul rând să o descompunem în contururi independente, descompunere care se poate face în mai multe feluri.

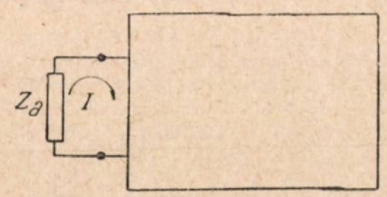


Fig. 1. Reprezentarea unei rețele oarecare.

a. Să facem mai întâi descompunerea în contururi independente astfel încât conturul I să fie cel din figura 1. In acest caz, impedanța de referință Z_a va aparține numai conturului I. Soluția rețelei se obține, după cum s'a amintit, sub forma unui sistem de n ecuații cu n necunoscute. Determinantul caracteristic al acestui sistem de ecuații va fi :

$$D = \begin{vmatrix} Z_a + \Sigma Z_i & Z_{12} & Z_{13} & \dots & Z_{1n} \\ Z_{21} & Z_{22} & Z_{23} & \dots & Z_{2n} \\ Z_{31} & Z_{32} & Z_{33} & \dots & Z_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Z_{n1} & Z_{n2} & Z_{n3} & & Z_{nn} \end{vmatrix} \quad (1)$$

în care :

Z_a este impedanța de referință aleasă inițial.

ΣZ_i este suma tuturor celorlalte impedanțe din conturul I.

Z_{jj} este impedanța totală a conturului j.

Z_{jk} este impedanța comună contururilor j și k, luată cu semnul + dacă e străbătută în același sens de curenții circulari prin contururile j și k și cu — în cazul contrar. (Sensul curenților îl alegem arbitrar la începutul calculului).

Se observă că impedanțele ΣZ_i, Z_{jj}, Z_{jk} nu mai conțin impedanța Z_a.

Folosind o proprietate cunoscută a determinanților, putem descompune determinantul D în următorul mod :

$$D = \begin{vmatrix} \Sigma Z_i & Z_{12} & Z_{13} & \dots & Z_{1n} \\ Z_{21} & Z_{22} & Z_{23} & \dots & Z_{2n} \\ Z_{31} & Z_{32} & Z_{33} & \dots & Z_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Z_{n1} & Z_{n2} & Z_{n3} & \dots & Z_{nn} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} Z_a & Z_{12} & Z_{13} & \dots & Z_{1n} \\ 0 & Z_{22} & Z_{23} & \dots & Z_{2n} \\ 0 & Z_{32} & Z_{33} & \dots & Z_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & Z_{n2} & Z_{n3} & \dots & Z_{nn} \end{vmatrix} \quad (2)$$

sau

$$D = A + Z_a B \quad (3)$$

*) Numerele în paranteze drepte se referă la lista bibliografică dela sfârșitul articolului.

Se vede imediat că orice minor al lui D (formula 1) poate fi descompus ca în formula 2, deci este de forma 3. Putem deci enunța:

Proprietatea *1. In desvoltarea determinanților atașați unei rețele orice impedanță intervine numai la puterea întâia.*

In consecință, nu vom întâlni niciodată termeni care să cuprindă Z^2, Z^3 etc.

Este de notat însă că această proprietate nu se extinde asupra impedanțelor de cuplaj magnetic, definite prin $j\omega M$, deoarece o asemenea impedanță nu se poate separa de restul rețelei, așa cum am făcut în fig. 1. Aceasta este singura excepție dela proprietatea de mai sus.

b. Descompunerea în contururi independente se poate face și astfel, încât impedanța Z să fie comună la primele m contururi. In cazul acesta, în expresia (1) a determinantului caracteristic, impedanța Z va fi conținută de orice element Z_{pq}, cu $p \leqslant m$, $q \leqslant m$, putând avea și $p = q$. In consecință, cel puțin un termen din desvoltarea determinantului, de exemplu πZ_{jj}, va conține Z la puterea m

Pe de altă parte însă desvoltarea determinantului caracteristic este independentă de modul descompunerii în contururi independente, pentrucă soluția rețelei este și ea independentă de modul descompunerii în contururi independente. Deci, proprietatea stabilită la punctul 2a rămâne valabilă, fapt din care rezultă că la orice termen din desvoltarea determinantului care conține Z^k (cu $k \geqslant 2$) corespunde un termen egal și de semn contrar. In adevăr, dacă nu ar exista un asemenea termen, ar exista termeni din desvoltarea determinantului care conțin Z^k, deci proprietatea stabilită la punctul 2a nu s'ar aplica, ceeace ar atrage concluzia absurdă că desvoltarea determinantului depinde de modul descompunerii în contururi independente. Ceeace s'a demonstrat mai sus, prin reducere la absurd, se poate demonstra și direct, dar cu prețul unor calcule lungi.

Se evidențiază astfel principalul defect al metodei descompunerii în contururi independente: desvoltarea determinanților conduce la expresii mai complicate decât cele reale, datorită prezenței unui număr de termeni egali și de semne contrare, care se anulează reciproc. Măsura în care expresiile sunt complicate de prezența acestor termeni se va putea aprecia în cazul exemplului concret dat mai jos (pct. 10 a).

3. DESCOMPUNEREA REȚELEI INIȚIALE IN REȚELE ELEMENTARE

S'a arătat mai sus proprietatea (3), care a permis să se descompună expresia determinantului caracteristic într'o sumă de doi termeni. Considerând și expresia (2), se vede cu ușurință că primul termen este determinantul unei rețele care se deduce din rețeaua inițială prin anularea impedanței Z_a (fig. 2), iar termenul al doilea este compus din produsul dintre impedanța Z_a și determinantul caracteristic al unei rețele care se deduce din rețeaua inițială după desființarea impedanței Z_a și lăsarea în gol a bornelor sale. Produsului din care este format termenul al doilea i se poate da semnificația de determinant caracteristic al unei singure rețele, dacă se alipește la una din bornele rețelei în gol, impedanța Z_a în scurtcircuit (fig. 3). Intr'adevăr, determinantul acestei rețele va avea aceeași expresie ca termenul al doilea al expresiei (2), cu singura deosebire că vom avea $Z_{12} = Z_{13} = \ldots = Z_{1n} = 0$, ceeace după cum se vede imediat, nu schimbă desvoltarea determinantului. Ambele rețele din figurile 2 și 3 se pot reuni în rețeaua unică din fig. 4, în care s'a introdus un comutator auxiliar. Când comutatorul auxiliar ocupă poziția s. determinantul caracteristic este același ca al rețelei din fig. 2, iar când ocupă poziția g, regăsim fig. 3. Se observă că fig. 4 se deduce din figura 1 prin înlocuirea impedanței Z_a ca în fig. 5. Cele două rețele, figurate într'o singură imagine în fig. 5, se numesc *rețele elementare* ale rețelei inițiale 1. Ele se bucură de:

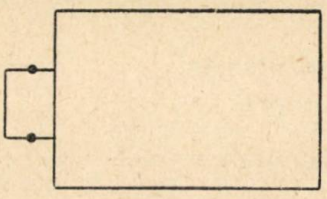


Fig. 2. Prima rețea elementară a rețelei din fig. 1.

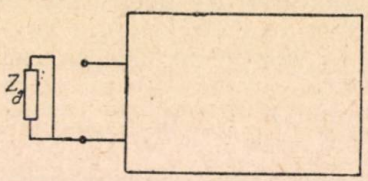


Fig. 3. A doua rețea elementară a rețelei din fig. 1.

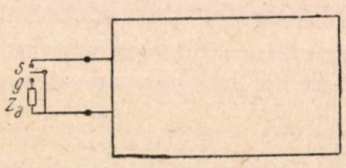


Fig. 4. Reprezentarea compactă a rețelelor elementare din figurile 2 și 3, cu ajutorul unui comutator auxiliar.

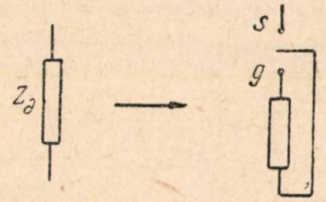


Fig. 5. Transformarea care permite deducerea fig. 4 din fig. 1.

Proprietatea *2. Suma determinanților rețelelor elementare este egală cu determinantul rețelei inițiale.*

Această proprietate este valabilă nu numai pentru determinantul caracteristic, ci — după cum rezultă din expresia 2 — pentru oricare din minorii săi.

Dacă acum fig. 4 se tratează ca o rețea inițială și se alege o altă impedanță de referință, concluziile de mai sus se aplică și prin urmare se poate înlocui noua impedanță de referință conform figurii 5. Noua impedanță de referință poate fi oricare dintre impedanțele rețelei, cu singura restricție de a nu fi în serie cu impedanța de referință aleasă anterior. Intr'adevăr, dacă noua impedanță de referință ar fi în serie cu impedanța de referință anterioară, atunci fig. 4, pentru poziția g a comutatorului, ar avea forma din fig. 6 (am scos noua impedanță de referință, Z_k, în afara dreptunghiului care reprezintă rețeaua arbitrară). Considerând însă fig. 6, vedem că Z_k este o ramificație parazită a

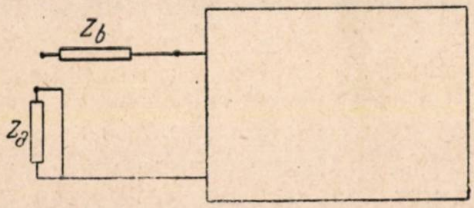


Fig. 6. Ilustrează motivul pentru care nu se pot alege două impedanțe de referință în serie.

rețelei, care nu intervine în expresia determinanților și că prin urmare nu poate fi aleasă ca impedanță de referință.

Dacă evităm această restricție, putem descompune mai departe fiecare din noile rețele elementare, alegând o a treia impedanță de referință ș.a.m.d. Condiția care trebue respectată la alegerea acestor impedanțe de referință, pentru a nu călca restricția reprezentată în fig. 6, este ca făcându-le succesiv infinite, numărul contururilor independente ale rețelei să scadă succesiv cu câte o unitate.

In concluzie, putem enunța:

Regula *1*: *Rețelele elementare se deduc din rețeaua inițială prin înlocuirea unui număr* m *dintre impedanțele rețelei conform figurii 5 și prin așezarea comutatoarelor auxiliare, care se introduc prin această înlocuire, în toate combinațiile posibile. Cele* m *impedanțe vor fi astfel alese încât dacă rețeaua inițială are* n *contururi independente — după eliminarea celor* m *impedanțe — să se obțină o rețea cu n — m contururi independente.*

Dacă am ales astfel m impedanțe de referință, numărul rețelelor elementare va fi 2^m. Aceste rețele trebue să fie deduse schimbând poziția comutatoarelor în mod ordonat, astfel încât să se asigure că nu s'a omis vreo rețea elementară. De exemplu, dacă se notează cu s_i și g_i cele două poziții ale comutatoarelor și se ia m = 3, cele 8 rețele elementare se deduc în următoarea ordine:

$$\begin{array}{lllll} 1) & s_1 & s_2 & s_3 \\ 2) & s_1 & s_2 & g_3 \\ 3) & s_1 & g_2 & s_3 \\ 4) & g_1 & s_2 & s_3 \\ 5) & s_1 & g_2 & g_3 \\ 6) & g_1 & s_2 & g_3 \\ 7) & g_1 & g_2 & s_3 \\ 8) & g_1 & g_2 & g_3 \end{array} \qquad (4)$$

Pozițiile comutatoarelor se mai pot preciza cu ajutorul formulei:

$$E = (s_1+g_1)\ (s_2+g_2)\ (s_3+g_3)\ldots.(s_m+g_m) \qquad (5)$$

în care fiecare termen reprezintă o rețea elementară și fiecare factor din termen precizează poziția comutatorului respectiv. Dealtfel, desvoltarea ordonată a formulei (5) ne conduce la tablouri de forma (4).

Rețelele elementare astfel deduse satisfac proprietatea 2 stabilită mai sus (punctul 3).

4. EXPUNEREA PRINCIPIULUI METODEI

a. Curenții din impedanțele rețelei se găsesc, după cum se știe, în funcție de determinantul caracteristic al rețelei și de minorii lui. Formal, expresiile curenților depind de felul descompunerii în contururi independente; în realitate însă, după efectuarea calculelor se găsesc aceleași expresii, indiferent de felul descompunerii. Prima problemă care se pune este prin urmare alegerea unor notații în care să nu se introducă această dependență iluzorie a soluției rețelei de felul descompunerii în contururi independente.

La punctul 2b, s'a arătat că expresia determinantului caracteristic D al rețelei depinde de alegerea contururilor independente datorită prezenței unor termeni paraziți, care se anulează reciproc, termeni ale căror semne distinctive s'au indicat. Observațiile făcute acolo sunt valabile și relativ la minorii determinantului caracteristic, numai că aici se mai introduce încă o complicație: schimbând felul descompunerii în contururi independente, se schimbă și minorii care intră în considerație. De pildă, pentru a găsi curentul printr'o impedanță care face parte dintr'un singur contur al rețelei, va fi suficient un singur minor; dacă schimbăm însă contururile independente, astfel încât impedanța considerată devine o impedanță comună la m contururi, va trebui să se calculeze suma a m minori din determinantul caracteristic, In realitate însă, efectuând calculele, obținem aceeași expresie în ambele cazuri. Pentru a evita această complicație inutilă a notațiilor, se va nota suma de minori care intervine în expresia curentului produs de o forță electromotoare aplicată în serie cu impedanța Z_a într'o impedanță Z_b cu simbolul $d^{Z_a Z_b}$. Cu această notație, curentul respectiv se va scrie:

$$I^{Z_a Z_b} = E \frac{d^{Z_a Z_b}}{D} \qquad (6)$$

Ca un caz particular, curentul total debitat de sursă va fi:

$$I^{Z_a Z_a} = E \frac{d^{Z_a Z_a}}{D} \qquad (7)$$

Această expresie se mai poate scrie și în altă formă, folosind o identitate, pe care o vom stabili imediat.

Revenind iar la fig. 1 și la determinantul corespunzător (1), dacă se consideră o forță electromotoare aplicată în serie cu Z_a, curentul total prin Z_a va fi dat de expresia (7).

Pe de altă parte, curentul se mai poate scrie:

$$I^{Z_a Z_a} = E \frac{d_{11}}{D} \qquad (8)$$

în care D este dat de tabloul (1), iar d_{11} este minorul corespunzător primei linii și primei coloane. Din expresia (1) se vede însă imediat că putem scrie:

$$d_{11} = D_{(Z_a)_\infty} \qquad (9)$$

în care $D_{(Z_a)_\infty}$ este determinantul caracteristic al acelei rețele, care se deduce din rețeaua din fig. 1, prin eliminarea impedanței Z_a și lăsarea bornelor sale în gol.

Ținând seama de formulele (7), (8), (9), stabilim:

Identitatea 1:

$$d^{Z_a Z_a} = D_{(Z_a)_\infty} \qquad (10)$$

Folosind această identitate, expresia (7) se mai scrie:

$$I^{Z_a Z_a} = E \frac{D_{(Z_a)_\infty}}{D} \qquad (11)$$

De aici se deduce impedanța resimțită de sursa E:

$$Z_E = \frac{E}{I^{Z_a Z_a}} = \frac{D}{D_{(Z_a)_\infty}} \qquad (12)$$

Astfel, expresiile (6), (11) și (12) caracterizează mărimile electrice respective, fără a presupune vreun mod particular de descompunere în contururi independente.

b. A doua problemă care se pune este explicitarea expresiilor (6), (11), (12), eliminând termenii paraziți, pe care i-am semnalat mai sus. Acest lucru îl vom realiza cu ajutorul proprietății 2 și a regulii 1 dela punctul 3.

Proprietatea 2 și regula 1 reduc problema calculului determinanților unei rețele, oricât de complicată ar fi, la calculul determinanților unor rețele elementare. Rețelele elementare au același număr de contururi independente ca și rețeaua inițială, dar configurația lor este mult mai simplă deoarece scade numărul de impedanțe comune la mai multe contururi. In consecință, calculul lor este mult mai simplu și dacă împingem descompunerea destul de departe, e imediat.

Presupunând că aplicând regula 1 am obținut un număr de q rețele elementare, pe care le notăm cu indici dela 1 la q, în rețeaua elementară de ordinul i, expresia (6) se va scrie:

$$I_i^{Z_a Z_b} = E \frac{d_i^{Z_a Z_b}}{D_i} \qquad (13)$$

Proprietatea 2 ne arată însă că putem scrie:

$$d^{Z_a Z_b} = d_1^{Z_a Z_b} + d_2^{Z_a Z_b} + \ldots d_q^{Z_a Z_b} = \sum_{i=1}^{q} d_i^{Z_a Z_b} \qquad (14)$$

$$D^{Z_a Z_b} = \sum_{i=1}^{q} D_i^{Z_a Z_b} \qquad (15)$$

Deci expresia (6) în rețeaua inițială se va scrie:

$$I^{Z_a Z_b} = E \cdot \frac{\sum_{i=1}^{q} d_i^{Z_a Z_b}}{\sum_{i=1}^{q} D_i^{Z_a Z_b}} \qquad (16)$$

Această expresie o mai putem scrie simbolic:

$$I^{Z_a Z_b} = \frac{\sum_{i=1}^{q}}{\sum_{i=1}^{q}} \cdot I_i^{Z_a Z_b} \qquad (17)$$

în care $I_i^{Z_a Z_b}$ e dat de expresia (13), iar prin simbolul $\frac{\sum_{i=1}^{q}}{\sum_{i=1}^{q}}$ aplicat unor fracții $\frac{a_i}{b_i}$, înțelegem operația definită de relația:

$$\frac{\sum_{i=1}^{q}}{\sum_{i=1}^{q}} \cdot \frac{a_i}{b_i} = \frac{a_1 + a_2 + \ldots\ldots + a_q}{b_1 + b_2 + \ldots\ldots + b_q} \qquad (18)$$

Acest simbol l-am introdus pentru a arăta în mod intuitiv (formula 17) cum se exprimă soluția rețelei inițiale cu ajutorul soluțiilor rețelelor elementare. Formula (17) rezumă totodată principiul metodei pe care o expunem, metodă care reduce problema soluționării unei rețele complexe la soluționarea unor rețele simple.

5. FORMA REȚELELOR ELEMENTARE ȘI SOLUȚIA LOR

In continuarea rezultatelor stabilite la pct. 4, se pune problema rezolvării rețelelor elementare, rețele care se deduc cu ajutorul regulei 1 dela pct. 3.

a. Se remarcă mai întâi că, prin felul în care se deduc rețelele elementare, ele se compun în general din mai multe subrețele. Dacă vrem să aflăm curenții produși de o anumită forță electromotoare, vom constata că această forță electromotoare nu produce curenți în întreaga rețea elementară. Dacă se consideră de exemplu rețeaua elementară din fig. 7, se vede că prin

impedanțele Z_3 și Z_4 forța electromotoare nu produce curent.

Vom numi *subrețea activă* acea parte din rețeaua elementară, în care forța electromotoare produce curenți (în cazul din fig. 7 subrețeaua

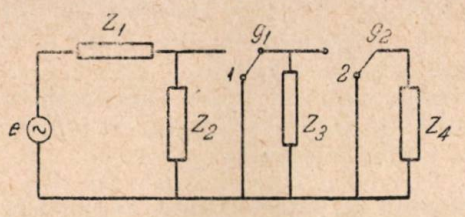


Fig. 7. Pune în evidență alăctuirea rețelelor elementare din subrețele.

activă e compusă din impedanțele Z_1 și Z_2). Pe lângă subrețeaua activă, orice rețea elementară poate cuprinde una sau mai multe *subrețele parazite*, înțelegând prin aceasta ansamblul impedanțelor prin care forța electromotoare considerată nu produce curent (în cazul figurii 7, sunt două subrețele parazite: prima este compusă din impedanța Z_3, iar a doua din impedanța scurtcircuitată Z_4).

Subrețelele parazite se disting prin aceea că nu au nicio impedanță comună cu subrețeaua activă, ci au un singur punct de contact cu aceasta (fig. 7). Deasemeni, două subrețele parazite oarecare nu au nicio impedanță comună între ele, ci fac contact într'un singur punct. Precum se vede, noțiunile de subrețea activă și parazită sunt relative, ele depinzând de poziția forței electromotoare, pe care o considerăm. Dacă rețeaua inițială are mai multe f.e.m. aplicate, vom aplica principiul suprapunerii efectelor, ocupându-ne succesiv de fiecare f.e.m. în parte. In fiecare etapă a calculului, subrețelele active și parazite vor fi însă perfect definite.

b. Se va examina acum felul cum intervin subrețelele parazite și subrețeaua activă în expresia determinanților rețelei elementare. Datorită faptului că subrețelele nu au între ele niciun element de cuplaj, determinantul caracteristic al unei rețele elementare oarecare va fi de forma:

$$D_i = \begin{vmatrix} A & 0 & 0 & 0 \\ 0 & B & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & N \end{vmatrix} \qquad (19)$$

în care patratele notate A, B,..... N sunt determinanții caracteristici ai subrețelei active (A) și a subrețelelor parazite ($B \ldots N$), iar dreptunghiurile notate 0 reprezintă regiuni din determinantul D_i, în care toate elementele sunt nule. Considerând forma (19), deducem formula:

$$D_1 = \left|A\right| \cdot \left|B\right| \cdot \ldots \cdot \left|N\right| \qquad (20)$$

care se mai scrie:

$$D_i = D_{A,i} \cdot D_{B,i} \ldots\ldots D_{N,i} \qquad (21)$$

unde am notat cu $D_{A,i}$ determinantul caracteristic al subrețelei A din rețeaua elementară i, iar $D_{B,i}$ ..... $D_{N,i}$ au semnificații analoage. Formula (21) ne conduce la:

Regula *2*: *Determinantul caracteristic al unei rețele elementare este egal cu produsul determinanților caracteristici ai subrețelelor din care se compune rețeaua elementară considerată.*

Considerăm acum minorii $d_i^{Z_a Z_b}$, care sunt numărători în expresia curentului produs de o f.e.m. aplicată în serie cu Z_a, prin impedanța Z_b. Datorită formei (19) a determinantului caracteristic, rezultă:

Regula *3*: *Dacă impedanța Z_b nu se găsește în subrețeaua activă, atunci avem*:

$$d_i^{Z_a Z_b} = 0 \qquad (22)$$

Regula *4*: *Dacă impedanța Z_b se găsește în subrețeaua activă, atunci minorul $d_1^{Z_a Z_b}$ este egal cu minorul $d^{Z_a Z_b}$ în subrețeaua activă A, înmulțit cu produsul determinanților caracteristici ai subrețelelor parazite.*

Regula 4 se mai exprimă prin relația:

$$d_i^{Z_a Z_b} = d_{A,i}^{Z_a Z_b} \cdot D_{B,i} \ldots\ldots\ldots D_{N,i} \qquad (23)$$

unde $d_{A,i}^{Z_a Z_b}$ reprezintă minorul corespunzător lui $d^{Z_a Z_b}$ în subrețeaua activă A din rețeaua elementară i, iar $D_{B,i} \ldots . D_{N,i}$ au aceeași semnificație ca în formula (21).

c) Cu ajutorul regulilor dela pct. 5 b, putem găsi expresia curentului $I_i^{Z_a Z_b}$. Inlocuind în formula 13 expresiile 21 și 23, rezultă:

$$I_i^{Z_a Z_b} = E \frac{d_{A,i}^{Z_a Z_b} \cdot D_{B,i} \ldots\ldots D_{N,i}}{D_{A,i} \cdot D_{B,i} \ldots\ldots D_{N,i}} \qquad (24)$$

Dacă s'ar trata rețeaua elementară i ca o rețea inițială am putea scrie:

$$\left(I_i^{Z_a Z_b}\right)_0 = E \frac{d_{A,i}^{Z_a Z_b}}{D_{A,i}} = I_{A,i}^{Z_a Z_b} \qquad (25)$$

adică expresia curentului în rețeaua elementară s'ar reduce la expresia lui în subrețeaua activă a acestei rețele elementare. Reducerea factorilor $D_{B,i} \ldots\ldots D_{N,i}$ justifică denumirea de subrețele parazitare, pe care am dat-o subrețelelor B..... N.

Dacă însă se privește rețeaua elementară din punctul de vedere al obținerii soluției unei rețele mai complexe, cu ajutorul formulei (17), atunci trebue să se păstreze curentul $I_i^{Z_a Z_b}$ în forma (24), pentrucă numai în acest caz proprietățile 14 și 15 și formula derivată (17)

sunt valabile. Pentru scopul nostru, este util a se contopi formulele 24 şi 25 în formula:

$$I_i^{Z_a Z_b} = I_{A,i}^{Z_a Z_b} \cdot \frac{\pi D_{P,i}}{\pi D_{P,i}} \qquad (26)$$

unde cu $\pi D_{P,i}$ s'a notat produsul determinanţilor caracteristici ai subreţelelor parazite din reţeaua elementară i. Cu acestea formula (17) devine:

$$I^{Z_a Z_b} = \frac{\sum_{i=1}^{q}}{\sum_{i=1}^{q}} \cdot I_{P,i}^{Z_a Z_b} \cdot \frac{\pi D_{P,i}}{\pi D_{P,i}} \qquad (27)$$

Formula (27) reduce problema determinării curenţilor la determinarea lor în subreţelele active ale reţelelor elementare şi la calculul determinanţilor principali ai subreţelelor parazite din subreţelele elementare. Cu acestea ne ocupăm la punctul următor.

6. REZOLVAREA SUBREŢELELOR

a. Dacă descompunerea în reţele elementare este destul de departe dusă, calculul expresiilor $I_{A,i}^{Z_a Z_b}$ din formula 27 este imediat. Descompunerea poate fi dusă întotdeauna atât de departe, încât subreţelele să fie simple contururi. Nu este însă neapărat necesar de a merge atât de departe, deoarece formula (27) este valabilă indiferent de măsura în care descompunem reţeaua iniţială. In cazul general $I_{A,i}^{Z_a Z_b}$ va fi calculat prin orice metodă, cu condiţia ca în forma finală să fie adus la forma cea mai simplă de fracţie (forma 25), căci numai în acest caz se aplică formula (27).

Este recomandabil să se facă descompunerea în reţele elementare până când subreţelele active se pot calcula mental. Singurul caz care se poate calcula mintal cu uşurinţă îl considerăm cazul a n impedanţe în paralel (cazul unui singur contur se poate considera cazul a două impedanţe în paralel. In adevăr, determinanţii unui sistem de n impedanţe în paralel au o formă foarte uşor de memorat, care face orice calcul inutil. Ei sunt daţi de următoarele reguli, care se pot cu uşurinţă demonstra folosind proprietatea 2 şi regula 1:

Regula *5*: *Determinantul caracteristic al unui sistem de n impedanţe în paralel este egal cu suma tuturor produselor de (n-1) impedanţe, care rămân în reţea după eliminarea succesivă a fiecăreia din cele n impedanţe.*

Regula *6*: *Determinanţii de tipul* $d^{Z_a Z_b}$ *în cazul a n impedanţe în paralel sunt egali cu produsul impedanţelor care rămân în reţea după eliminarea lui* Z_a *şi* Z_b.

Cu ajutorul acestor reguli şi a expresiilor (6), (11) şi (12), putem rezolva direct subreţelele active în cazul a trei sau mai multe impedanţe în paralel.

b. Subreţelele parazite vor fi în general contururi. Un caz particular al regulei 5 ne dă însă:

Regula *7.*: *Determinantul caracteristic al unei reţele care se reduce la un contur este egal cu suma impedanţelor din acel contur.*

Determinanţii $D_{P,i}$ care intervin în (27) se găsesc deci cu ajutorul regulei 7, iar în cazuri mai complicate cu regula 5.

Cu aceasta s'au dat toate elementele metodei noastre, pe care o expunem în forma definitivă la punctul următor:

7. METODA DE REZOLVARE A REŢELELOR ELECTRICE

a. Se alege un contur închis în reţeaua dată. Dacă reţeaua are n contururi independente, se aleg n-1 impedanţe din reţea, astfel încât după eliminarea lor reţeaua să se reducă la conturul considerat. Aceste impedanţe se vor înlocui conform figurii 5.

b. Se numerotează comutatoarele auxiliare, care se introduc la punctul a şi se alege o ordine (tabela 4 şi formula 5).

c. Se consideră prima reţea elementară astfel formată. Se identifică subreţeaua activă. Se scrie în această subreţea mărimea electrică, care urmează a fi calculată (impedanţă, curent, tensiune sau inversele acestora) folosind la nevoie regulile 5 şi 6 şi formulele (6), (11) sau (12).

d. Se identifică subreţelele parazite. Inmulţim numitorul şi numărătorul expresiei scrise la punctul 7 c, cu determinanţii caracteristici ai subreţelelor parazite, calculaţi cu ajutorul regulei 7 şi eventual cu regula 5.

e. Se modifică poziţia comutatoarelor auxiliare, conform ordinei stabilite la punctul a. Se consideră cea de a doua reţea elementară. Se repetă şi pentru aceasta operaţiile dela punctele 7c şi 7d, cu observaţia că noile rezultate se scriu pe aceeaşi linie de fracţie cu rezultatele precedente, adunând numitorul la numitor şi numărătorul la numărător (formula18).

f. Se repetă aceleaşi operaţii pentru celelalte reţele elementare. După ce am terminat cu ultima reţea, se obţine rezultatul scris direct în forma finală.

8. OBSERVAŢII RELATIV LA APLICAREA METODEI

a. Dacă una din reţelele elementare este mai complicată decât un ansamblu de impedanţe în paralel (ceeace se întâlneşte rar) atunci această reţea trebue tratată ca o reţea iniţială, cu observaţia că transformarea reprezentată în figura 5 se va aplica numai acelor impedanţe care, înlocuite printr'un scurtcircuit, ar reduce reţeaua la un ansamblu de impedanţe în paralel.

b. Dacă reţeaua iniţială diferă puţin de un ansamblu de impedanţe în paralel, nu este necesar să se aleagă n-1 impedanţe ca la punctul 7a, ci este suficient a alege acele impedanţe, care anulate transformă reţeaua respectivă într'un ansamblu de impedanţe în paralel (procedeu folosit la punctul 8a).

c. In calculul diferiților determinanți, *f.e.m.* aplicată trebue considerată scurtcircuit.

d. Un singur fel de descompunere a rețelei este suficientă pentru calculul oricărei mărimi electrice atașate rețelei. Dacă avem de calculat mai multe mărimi și ținem seama de formulele 6, 11, 12, se pot găsi simplificări (de exemplu: determinantul caracteristic se repetă în toate).

e. Soluția subrețelelor active trebue totdeauna introdusă sub formă de fracție simplă. Dacă ea se compune dintr'un număr A, se va introduce în calcul $\frac{A}{1}$. Dacă avem de calculat curentul printr'o impedanță care nu se găsește în subrețeaua activă, se va introduce în calcule $\frac{o}{D_{A,i}}$, unde — conform formulei (6) — $D_{A,i}$ este determinantul subrețelei active considerată și se calculează conform regulei 7, eventual 5. Dacă avem de efectuat raporturi de mărimi electrice, asupra cărora avem un dubiu, vom calcula separat mărimile respective, se va face raportul lor și se va introduce în calcule cea mai simplă formă de fracție posibilă. Erorile sunt semnalate de violarea omogenității.

f. Verificarea calculelor se poate face alegând în alt mod impedanțele pe care le transformăm conform figurii 5.

g. Pentru calculul curentului prin una din impedanțele transformate ca în fig. 5, se va considera curentul care străbate comutatorul auxiliar respectiv în fiecare din rețelele elementare.

d. Dacă o rețea elementară are un contur în scurtcircuit, ea nu intervine în soluție (există un $D_{P,i} = O$ în formula 27).

i. Performanța finală care poate fi atinsă cu această metodă este scrierea directă a soluției rețelelor electrice, din simpla examinare a lor.

9. EXEMPLU DE APLICARE A METODEI

Considerăm rețeaua din figura 8, pe care o vom rezolva conform etapelor stabilite la punctul 7.

a. Se alege conturul închis format de impedanțele $a+b+c+d$ (fig. 8). Rețeaua având trei ochiuri trebue să se transforme, conform figurii 5, 3-1 = 2 impedanțe și anume e și f. Se obține astfel figura 9.

b. Se numerotează comutatoarele ca în fig. 9. Se fixează ordinea: $g_1\ g_2$; $g_1\ s_2$; $s_1\ g_2$; $s_1\ s_2$.

c. Se consideră rețeaua elementară $g_1\ g_2$. Subrețeaua activă este conturul $a+b+c+d$. Se calculează de exemplu impedanța resimțită de sursă. In subrețeaua activă, vom avea:

$$Z = \frac{(a+b+c+d)}{1} \qquad (28)$$

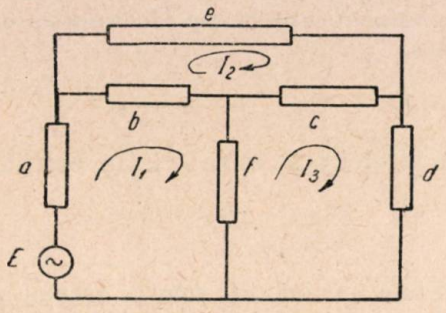


Fig. 8. Rețea rezolvată la pct. 9 prin metoda expusă în articol iar la pct. 10 prin metodele uzuale (descompunerea în contururi independente se referă la pct. 10 *a*).

d. Rețeaua elementară $g_1\ g_2$ are două subrețele parazite, anume contururile *e* și *f*. Conform regulii 7 și formulei 27, vom înmulți numitorul și numărătorul expresiei 28 cu produsul: *e.f.* Impedanța *Z* se va complecta în forma:

$$Z = \frac{(a+b+c+d)\,e\cdot f + \quad}{1\cdot e\cdot f \quad +} \qquad (29)$$

e. Se consideră rețeaua elementară $g_1\ s_2$. Subrețeaua activă a ei este conturul $a+d$, iar

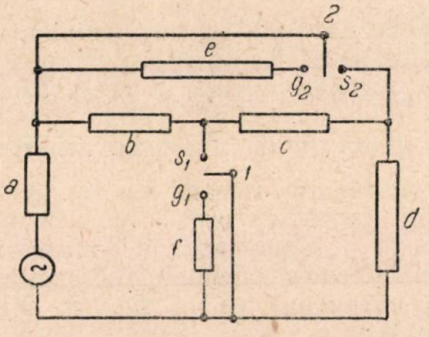


Fig. 9. Transformarea rețelei din fig. 8 în scopul aplicării metodei expuse în articol (pct. 9 *a*).

subrețelele parazite contururile $b+c$ și *f*. Repetând operațiile dela punctele 9 *c* și 9 *d*, impedanța *Z* se completează în forma:

$$Z = \frac{(a+b+c+d)\,ef + (a+d)\,(b+c)\,f + \quad}{1\cdot ef \quad + \quad 1\ \cdot\ (b+c)\,f + \quad} \qquad (30)$$

f. Rețeaua elementară $s_1\ g_2$ are subrețeaua activă formată din conturul $a+b$ și subrețelele parazite $(c+d)$ și *e*. Rezultatul se scrie în continuare în expresia (30). Rețeaua elementară $s_1\ s_2$ se reduce la ansamblul impedanțelor *a*, *b*, *c* și *d* în paralel. Aceasta se rezolvă cu formula 12 și regula 5. In cele din urmă, rezultatul apare sub forma:

$$Z = \frac{(a+b+c+d)\,ef + (a+d)\,(b+c)\,f + (a+b)\,(c+d)e + abc + abd + acd + bcd}{1\cdot e\cdot f \quad + \quad 1(b+c)\cdot f \quad + \quad 1\ (c+d)e \quad + bc + bd + cd} \qquad (31)$$

Cu aceeași ușurință se calculează orice altă mărime electrică dintre cele specificate la 7*e*.

Pentru a exemplifica observația 8 *g*, se va calcula curentul prin impedanța *e*. In rețeaua elementară $g_1 g_2$, curentul prin *e* este zero, ținând seama de observația (8*e*) soluția acestei rețele este :

$$I_e = \frac{0 \qquad +}{(a+b+c+d)\cdot e \cdot f+} \tag{32}$$

Soluția rețelei $g_1\ s_2$, se va scrie în continuare :

$$\frac{+ \quad 1 \quad \cdot (b+c) f +}{+ (a+d \cdot (b+c) f +} \tag{33}$$

La aceasta se adaugă soluția rețelei $g_2\ s_1$:

$$\frac{+ \qquad 0 \qquad +}{+ (a+b) \quad (c+d)\ e +} \tag{34}$$

In rețeaua $s_1\ s_2$, curentul prin comutatorul 2 va fi egal cu suma curenților prin *c* și *d*, calculați cu formula 6 și regulile 5 și 6 :

$$\frac{+ bd + bc +}{+ abc + abd + acd + bcd +} \tag{35}$$

In cele din urmă, soluția se găsește scrisă sub forma :

$$I_e = \frac{0 \qquad + \quad 1 \quad (b+c)\cdot f + 0 \qquad + bd + bc}{(a+b+c+d)\cdot e \cdot f + (a+d)\cdot (b+c\cdot f + (a+b)\ (c+d)\ e + abc + abd + acd + bcd} \tag{36}$$

Exemplele date mai sus sunt suficiente pentru a cititorul să poată aplica cu ușurință și siguranță metoda expusă în acest articol.

10. COMPARAȚIE CU METODELE EXISTENTE

a. Se va rezolva rețeaua din fig. 8 și prin câteva din metodele uzuale, în primul rând prin metoda descompunerii în contururi independente. Se aleg circuitele independente și sensurile curenților ca în fig. 8. Ecuațiile rețelei sunt :

$$\left.\begin{aligned} (a+b+f)\ I_1 - bI_2 - fI_3 &= E \\ -b\ I_1 + (e+b+c)\ I_2 - cI_3 &= 0 \\ -f\ I_1 - c\ I_2 + (f+c+d)\ I_3 &= 0 \end{aligned}\right\} \tag{37}$$

Impedanța resimțită de sursă va fi :

$$Z = \frac{E}{I_1} \tag{38}$$

Curentul I_1 se rezolvă aplicând regula lui Kramer sistemului de ecuații 37 :

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} E & -b & -f \\ 0 & e+b+c & -c \\ 0 & -c & f+c+d \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a+b+f & -b & -f \\ -b & e+b+c & -c \\ -f & -c & f+c+d \end{vmatrix}} \tag{39}$$

Calculând determinanții din 39 și introducând în 38 găsim :

$$Z = \frac{(a+b+f)(e+b+c)(f+c+d) - 2fcb - f^2(e+b+c) - c^2(a+b+f) - b^2(f+c+d)}{(e+b+c)(f+c+d) - c^2} \tag{40}$$

Această expresie nu este satisfăcătoare deoarece conține termeni egali și de semne contrare, care complică inutil expresia lui *Z*. Este deci neapărat necesar să desfacem parantezele. In urma calculelor, obținem la numărător 37 de termeni, dintre care în urma reducerilor rămân 16, iar la numitor 10 termeni dintre care rămân 8.

Vedem deci că metoda descompunerii în contururi independente comportă o cantitate considerabilă de calcul inutil, ceeace atrage și ridicarea probabilității de a greși, deci necesitatea unui control mai riguros. Aceasta face ca aplicarea metodei descompunerii în circuite independente să ceară un timp considerabil mai lung decât metoda expusă în acest articol. Avantajul metodei noastre este și mai pronunțat în cazul calculului curenților prin impedanțele *f*, *b* sau *c*, caz în care ar trebui să considerăm suma a doi curenți sau să modificăm descompunerea în contururi independente, în timp ce regulile dela punctul 7 conduc direct la rezultat.

b. Se va aplica acum metoda transfigurării rețelelor. Se va transforma mai întâi triunghiul impedanțelor *b*, *e*, *c* în steaua impedanțelor γ, ε, β (fig. 10), deduse cu formulele :

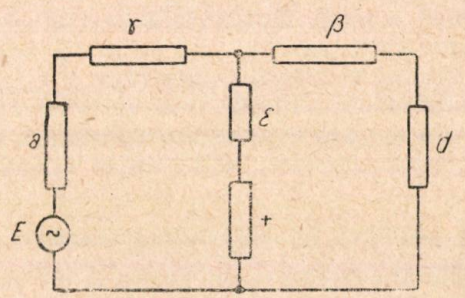


Fig. 10. Rezolvarea rețelii din fig. 8 prin metoda transfigurării (pct. 10 b).

$$\gamma = \frac{e\,b}{e+b+c} \tag{41}$$

$$\beta = \frac{c\,e}{e+b+c} \tag{42}$$

$$\varepsilon = \frac{b\,c}{e+b+c} \tag{43}$$

In a doua etapă, se vor înlocui impedanțele $\varepsilon+f$ în paralel cu $\beta+d$ prin impedanța *k* de valoare :

$$k = \frac{(\varepsilon+f)\ (\beta+d)}{\varepsilon+f+\beta+d} \tag{44}$$

Impedanța resimțită de sursă va fi :

$$Z = a + \gamma + k \tag{45}$$

$$Z = a + \frac{eb}{e+b+c} + \frac{\left(\frac{bc}{e+b+c} + f\right)\left(\frac{ce}{e+b+c} + d\right)}{\frac{bc}{e+b+c} + f + \frac{ce}{e+b+c} + d} \tag{46}$$

Forma (46) nu e potrivită unui studiu analitic. Pentru a aduce la forma de fracție simplă, este necesar să se mai scrie expresia lui Z de cel puțin două ori. Se vede deci că și cu această metodă calculele sunt mai laborioase, pe lângă faptul că se face apel la formulele speciale (41), (42), (43).

Avantajul metodei propuse de autor asupra metodei transfigurării devine și mai evident dacă se pune problema calculării curentului prin impedanța e (fig. 10). Pentru aceasta, este necesar în primul rând să se calculeze ca mai sus impedanța Z. Curentul debitat de sursă va fi : $I_1 = \frac{E}{Z}$ 47)

Se deduce apoi curentul prin d

$$I_d = I_1 \frac{\varepsilon + f}{\varepsilon + f + \beta + d} \tag{48}$$

Se calculează tensiunea între punctele A B

$$V_{AB} = I_1\gamma + I_d\beta \tag{49}$$

In cele din urmă, se găsește curentul prin e

$$I_e = \frac{V_{AB}}{e} = \frac{I_1\gamma + I_d\beta}{e} \tag{50}$$

Inlocuind în (50) fiecare mărime cu valoarea ei, se găsește rezultatul scris într'o formă complexă, fiind nevoie de alte calcule pentru a-l aduce la forma de fracție simplă. Acest drum este incomparabil mai ocolit și mai complicat decât cel propus de autor, care permite scrierea directă a rezultatului (formula 36).

Dealtfel, deoarece metoda prezentată în acest articol reduce în mod efectiv problema rezolvării rețelelor electrice la scrierea directă a rezultatului, ea reprezintă un maxim de simplicitate, care se poate atinge în această direcție.

11. POSIBILITĂȚI DE EXTINDERE

In cele de mai sus, am arătat o metodă nouă de a scrie direct soluția oricărei rețele electrice cu elemente localizate, pe baza descompunerii rețelei în rețele elementare. Prin aceasta se realizează pe de o parte o importantă economie de timp și pe de altă parte multe probleme complexe devin abordabile chiar de specialiști cu mai slabă calificare.

Principiile care stau la baza acestei metode sunt foarte fecunde și sunt departe de a fi epuizate în această lucrare. Pe baza lor, întreaga teorie a rețelelor electrice, în special teoria quadripolilor, devine mai simplă, iar aplicațiile ei mai rapide. Pe de altă parte, există posibilitatea de a extinde aceste rezultate la alte domenii ale tehnicii. Aceste aspecte se vor trata în alte lucrări.

Bibliografie

[1] *Crug C. A.* : Bazele Electrotehnicei, Moscova-Leningrad, 1952.

[2] *Constantinescu I.* : Transmisii electromagnetice.

[3] *Crîlov* : Bazele teoretice ale radiotehnicei, Moscova Leningrad., 1951.

★

ПРОСТОЕ РЕШЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НОВЫМ МЕТОДОМ

Резюме

Излагается метод позволяющий производить рассчет электрических сетей сравнительно простым путем по сравнению с известными до сих пор методами.

Метод основывается на одном свойстве определителей сети, которое позволяет разложение данной сети на некоторое число элементарных сетей, рассчет которых немедлен. Результат пишется непосредственно простым рассмотрением данной сети и элементарных сетей, по правилам изложенным в работе.

FUNCȚIONAREA MUTATORILOR CU VAPORI DE MERCUR IN PARALEL CU GENERATORI DE CURENT CONTINUU

Prof. ing. V. CORLĂȚEANU și *Asist. ing. GH. ȘERBAN*

Autorii studiază funcționarea în paralel a mutatoriior cu vapori de mercur cu mașini de curent continuu. Ei reușesc să dea o diagramă de repartizare a curenților în circuitul mutatorului, dinamului și utilizării. Concluziile principale la care se ajunge sunt: a. *Se pot pune în paralel ușor dinamurile shunt, cu excitație separată, comutatrici și baterii de acumulatori împreună cu mutatorii cu vapori de mercur.* b. *Funcționarea este nestabilă cu dinamuri serie.* c. *Dinamurile compound pentru a funcționa bine în paralel trebue să aibă înfășurarea serie alimentată din circuitul mutatorului.* d. *Se observă fenomenul comutației între mutator și dinam.*

Până la apariția mutatorilor cu vapori de mercur alimentarea consumatorilor de curent continuu se făcea deobicei dela grupuri motor-generator de curent continuu.

Avantajele pe care le prezintă mutatorii și anume :

—punere în funcțiune și supraveghere simplă ;

— capacitate de a suporta puternice supraîncărcări și chiar scurtcircuite de scurtă durată ;

— randament ridicat la orice încărcare ;

— cheltueli de întreținere minimă ;

— dimensiuni și greutate mică și

— funcționare lipsită de sgomot,

au făcut ca instalațiile mai noi să fie înzestrate cu mutatori.

Mărirea consumului de curent continuu a făcut ca în multe din instalațiile deservite mai înainte de grupuri motor-generator să se instaleze mutatori. Grupurile motor-generator fie că au rămas ca unități de rezervă sau ca unități care funcționează numai în orele de vârf, fie că au fost destinate să funcționeze în permanență în paralel cu mutatorii.

Deoarece în multe cazuri s'au constatat importante dificultăți la punerea în paralel a mutatorilor cu generatori de curent continuu și deoarece în literatura tehnică această problemă este tratată foarte sumar, s'a simțit nevoia de a se studia teoretic și experimental și de a se explica modul în care decurg fenomenele și cauzele care produc greutăți de funcționare.

Problema a fost luată în studiu de un colectiv [1] dela catedra de Mașini electrice a Inst. Politehnic Iași care a dat condițiile de cuplare și funcționare în paralel a mutatorilor cu vapori de mercur cu mașini de curent continuu.

Cuplarea în paralel a două surse de curent continuu necesită să fie îndeplinite următoarele condițiuni :

a. Egalitatea tensiunilor celor două surse.

b. Bornele care se cuplează să fie de aceiași polaritate.

Pentru funcționarea stabilă în paralel mai este necesar să fie îndeplinită o a treia condiție :

c. Tensiunile ambelor surse să scadă când curentul debitat de ele crește (caracteristici la încărcare în regim de generator, descendente).

Majoritatea explicațiilor care se găsesc în literatura tehnică referitoare la funcționarea mutatorilor în paralel cu dinamurile consideră f. e. m. a mutatorului perfect continuă și nu se ține seama de forma ei pulsatorie. In felul acesta, condițiile de cuplare și funcționare în paralel sunt considerate identice cu cele necesare pentru cuplarea și funcționarea în paralel a dinamurilor.

Este adevărat că pulsațiile tensiunei continui există și în cazul funcționării în paralel a mutatorilor, dar între mutatori nu se pot produce curenți de circulație din cauza efectului de supapă a mutatorilor, precum și din cauză că pulsațiile tensiunilor continui ale diferiților mutatori sunt în permanență egale și în opoziție de fază, alimentarea făcându-se dela aceiași sursă de curent alternativ.

Altfel se prezintă problema funcționării în paralel a unui mutator cu vapori de mercur cu un generator de curent continuu. In timp ce f. e. m. de partea continuă a mutatorului este pulsatorie, f.e.m. a generatorului de curent continuu este constantă. Dacă cuplarea se va face la valori egale ale f.e.m. continui în unele momente f.e.m. a mutatorului este mai mare decât cea a dinamului, în altele este mai mică. Deci condiția egalității de tensiune nu mai poate fi perfect îndeplinită.

Deoarece în curenți pulsatorii aparatele universale indică diferit de cele de curent continuu, în afară de cazurile în care se menționează altfel ne vom referi la valorile eficace indicate de aparatele de curent alternativ.

In cele ce urmează ne vom ocupa pe rând de funcționarea mutatorilor cu vapori de mercur în paralel cu :

1. dinamuri cu excitație separată sau cu excitație shunt ;
2. dinamuri compound adițional și compound diferențial ;
3. dinamuri serie ;
4. comutatrice ;
5. baterii de acumulatori.

1. *Funcționarea în paralel a unui mutator cu vapori de mercur cu un dinam cu excitație separată sau cu excitație shunt.*

Fig. 1 reprezintă schema de principiu a unui mutator trifazat M cuplat în paralel cu un generator G de curent continuu cu excitație separată și debitând pe o rezistență de utilizare R_u de valoare constantă.

Fie $O'A$ f.e.m. a mașinei de curent continuu (fig. 2) ; AB caracteristica la încărcare în funcționarea ca generator, iar AC în funcționarea ca motor ; LML_1 curba tensiunii mutatorului

într'o treime de perioadă; $O'Q'$ căderea de tensiune $R_u I_u$ în rezistența de încărcare.

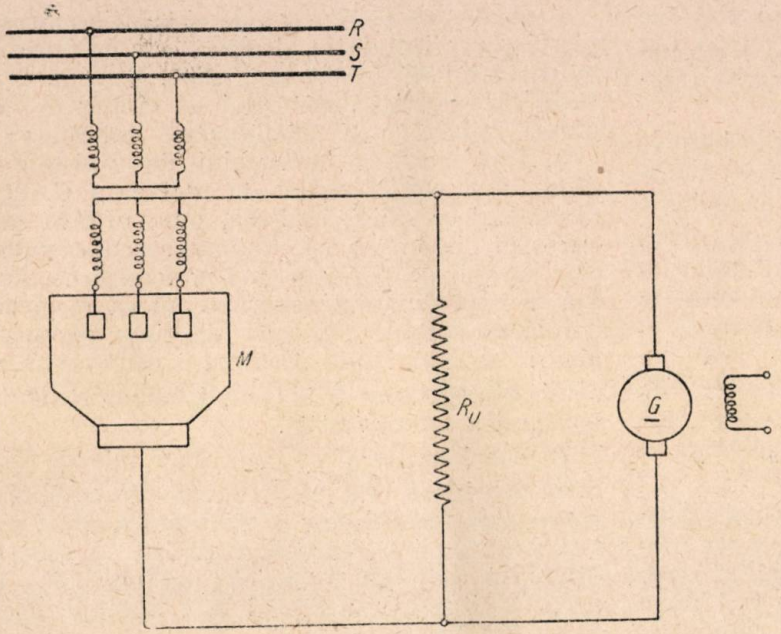


Fig. 1. Schema principială de funcționare în paralel a unui mutator trifazat cu vapori de mercur cu un generator de curent continuu având excitație separată.

Căderea de tensiune a mutatorilor este aproape independentă de curentul de încărcare, ea este egală cu căderea de tensiune în arc, care poate fi considerată constantă. Prin urmare curba tensiunii în funcție de timp a unui mutator se poate considera aceiași în funcționare în gol și în funcționarea la încărcare.

Dacă dinamul singur ar debita curent pe rezistența de utilizare, curentul dat de el ar fi $\overline{QQ'}$ egal cu abscisa punctului Q' în care tensiunea dinamului este egală cu căderea de tensiune pe rezistența de utilizare.

In funcționarea în paralel cu mutatorul, pe ace aşi rezistență de utilizare dinamul va debita întregul curent egal cu $\overline{QQ'}$ în intervalele de timp dt în care tensiunea mutatorului (curba DL_1T) este mai mică decât tensiunea $\overline{O'Q}$ a dinamului. In acest interval de timp tensiunea la bornele utilizării nu va urmări tensiunea mutatorului întrucât va fi menținută de dinam la o valoare egală cu $\overline{O'Q}$. In intervalul de timp sd, tensiunea dinamului va trebui să urmărească valorile tensiunii mutatorului (curba SMD). In concluzie curba tensiunii U_u la bornele rezistenței de utilizare va fi $SMDT$.

Curba curentului I_u din rezistența de utilizare în funcție de timp a fost reprezentată în partea de jos a diagramei din fig. 2 (curba

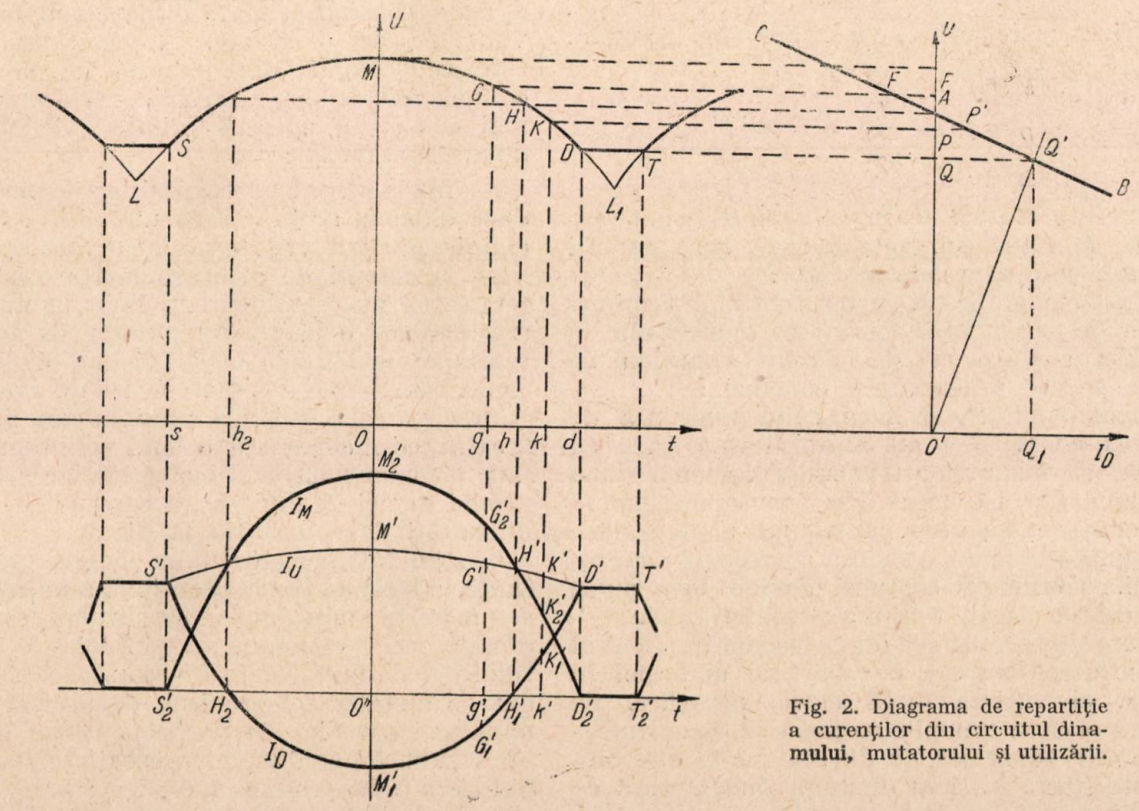


Fig. 2. Diagrama de repartiție a curenților din circuitul dinamului, mutatorului și utilizării.

$S'M'D'T'$). Ordonatele sale sunt proporționale cu ordonatele curbei de tensiune $SMDT$,

deoarece $I_u = U_u/R_u$. Scara curenților s'a luat egală cu cea folosită pentru curentul I_D în diagrama $U_D = f(I_D)$.

In intervalul dt curentul total din utilizare va fi dat de dinam (segmentul $\overline{D'T'}$) iar curentul mutatorului va fi egal cu zero (segmentul $\overline{D_2' T_2'}$).

In intervalul hd în care tensiunea la bornele rezistenței de utilizare este mai mică decât f.e.m. $\overline{O'A}$ a dinamului dar este mai mare decât $\overline{O'Q}$, curentul de încărcare se repartizează între dinam și mutator și anume : dinamul preia un curent I_D egal cu cel ce corespunde pe caracteristica la încărcare la tensiunea respectivă. Mutatorul preia restul $I_u - I_D$. De exemplu, în momentul k, tensiunea este $\overline{kK} = \overline{O'P}$. Curentul dat de dinam este $\overline{k'K_1'} = \overline{PP'}$, iar cel dat de mutator este $I_M = I_u - I_D = \overline{k'K'} - \overline{k'K_1'} = \overline{k'K_2'}$.

In momentul h tensiunea la bornele dinamului este egală cu f.e.m. $\overline{O'A}$. In acest moment curentul debitat de el este egal cu zero.

In restul timpului tensiunea este mai mare decât f.e.m. a mașinii de curent continuu ; aceasta va trece în funcționarea ca receptor primind dela mutator curentul care corespunde pe caracteristica AC, la tensiunea respectivă. De exemplu în momentul g tensiunea este $\overline{gG} > \overline{O'A}$; mașina de curent continuu primește un curent $\overline{g'G_1'} = \overline{FF'}$ iar mutatorul produce un curent $\overline{g'G_2'} = I_u + I_D = \overline{g'G'} + \overline{g'G_1'}$.

Prin urmare curbele curenților (fig. 2) vor fi :

$I_u = f(t)$ $S'M'D'T'$

$I_D = f(t)$ $S'M_1'D'T'$

$I_M = f(t)$ $S_2'M_2'D_2'T_2'$

Curenții trasați deasupra axei $O''t$ sunt curenți debitați, sub această axă sunt curenți primiți de dinam dela mutator.

Trasarea grafică a curbei tensiunii și a curbelor de curent în funcționarea mutatorului în paralel cu mașina de curent continuu ne conduce la următoarele concluzii :

Dacă cuplarea se face când tensiunea de partea continuă a mutatorului este egală cu f.e.m. a dinamului, tensiunea comună, după cuplare este mai mare decât tensiunea înainte de cuplare, deoarece în timpul dt tensiunea comună este mai mare decât tensiunea mutatorului. Tensiunea comună devine mai puțin pulsatorie decât tensiunea mutatorului.

Curentul dat de cele două mașini în circuitul de utilizare nu are o repartiție uniformă în timp, ci variază după curbe periodice. Se constată că în anumite momente întreaga încărcare este suportată de dinam, iar în alte momente (între h_2 și h) dinamul funcționează ca receptor, mărind astfel consumul de curent dela mutator. Aceasta echivalează cu circulația unui curent periodic nesinusoidal între mutator și dinam. Frecvența fundamentală a acestui curent este egală cu produsul dintre frecvența curentului de alimentare și numărul de faze a mutatorului.

Prezența acestui curent de circulație mărește pierderile în instalație, deaceea este de dorit ca valoarea lui să fie cât mai mică. Din fig. 2 se vede că valoarea curentului de circulație s'ar putea reduce prin următoarele procedee :

a. Prin mărirea curentului de excitație a dinamului, caracteristica la încărcare CAB a dinamului se ridică mai sus, punctul H în care curentul dinamului își schimbă sensul se ridică și se apropie de OM scurtând perioadele de timp h_2h în care dinamul funcționează ca receptor. Anularea acestor perioade de timp se poate face mărind excitația dinamului până ce f.e.m. a lui este egală cu $\overline{OM}$ (amplitudinea tensiunii continui a mutatorului).

In cazul mutatorilor cu număr mic de faze între tensiunea $\overline{OM}$ și valoarea eficace a tensiunii mutatorului este o diferență mare. Creșterea tensiunii la bornele utilizării cu această diferență este în practică inadmisibilă. In această situație mutatorul este aproape complect descărcat.

b. Prin adoptarea unui dinam a cărui caracteristică la încărcare are o pantă mai mare se obține un curent periodic de circulație mai mic. Dar repartiția încărcării între dinam și mutator la diferite valori ale curentului de utilizare nu va fi proporțională cu puterile grupurilor. In timp ce dinamul va funcționa la o încărcare aproape constantă, mutatorul va suporta toate variațiile de încărcare. Această proprietate este convenabilă din punctul de vedere al comportării la suprasarcini, mutatorul fiind mai robust în această privință. Există însă două desavantaje :

— randamentul instalației ar fi mai bun, dacă dinamul ar funcționa numai la suprasarcini și mutatorul ar suporta încărcarea normală ;

— la curenți de utilizare foarte mici, când mutatorul nu este încărcat, iar dinamul debitează numai o parte din puterea sa normală, tensiunea la bornele utilizării crește mult din cauza pantei mari a caracteristicii dinamului.

Practic, caracteristica unui dinam poate fi făcută mai înclinată, decalând periile în avans față de linia neutră. Bineînțeles, aceasta este posibil numai în limitele în care nu se produc dificultăți de comutație la dinam.

c. Prin introducerea unor bobine de reactanță în serie de partea continuă a mutatorului se mărește impedanța circuitului mutator-dinam, încât componenta periodică a curentului dat de mutator în dinam scade. Curentul dat de mutator în circuitul de utilizare fiind mult mai apropiat de forma continuă nu este prea mult influențat de prezența inductanței din circuit. Se produce numai o ușoară mărire a căderii de tensiune a mutatorului, ceeace dă o pantă mai mare caracteristicii sale externe. O astfel de pantă este favorabilă pentru funcționarea în paralel cu dinamurile.

d. Prin folosirea mutatorilor cu număr mare de faze (de ex. dodecafazaţi), amplitudinile pulsaţiilor tensiunii sunt foarte mici, încât dificultăţile menţionate, produse de aceste pulsaţii sunt uşor de combătut. Curenţii de circulaţie sunt mici. Eventuala cuplare a dinamului cu o tensiune ceva mai mare decât a mutatorului este admisibilă şi poate da rezultate satisfăcătoare.

Când curentul de excitaţie rămâne constant, iar rezistenţa de utilizare creşte, punctul Q' (fig. 2) se ridică mai sus pe caracteristica AB.

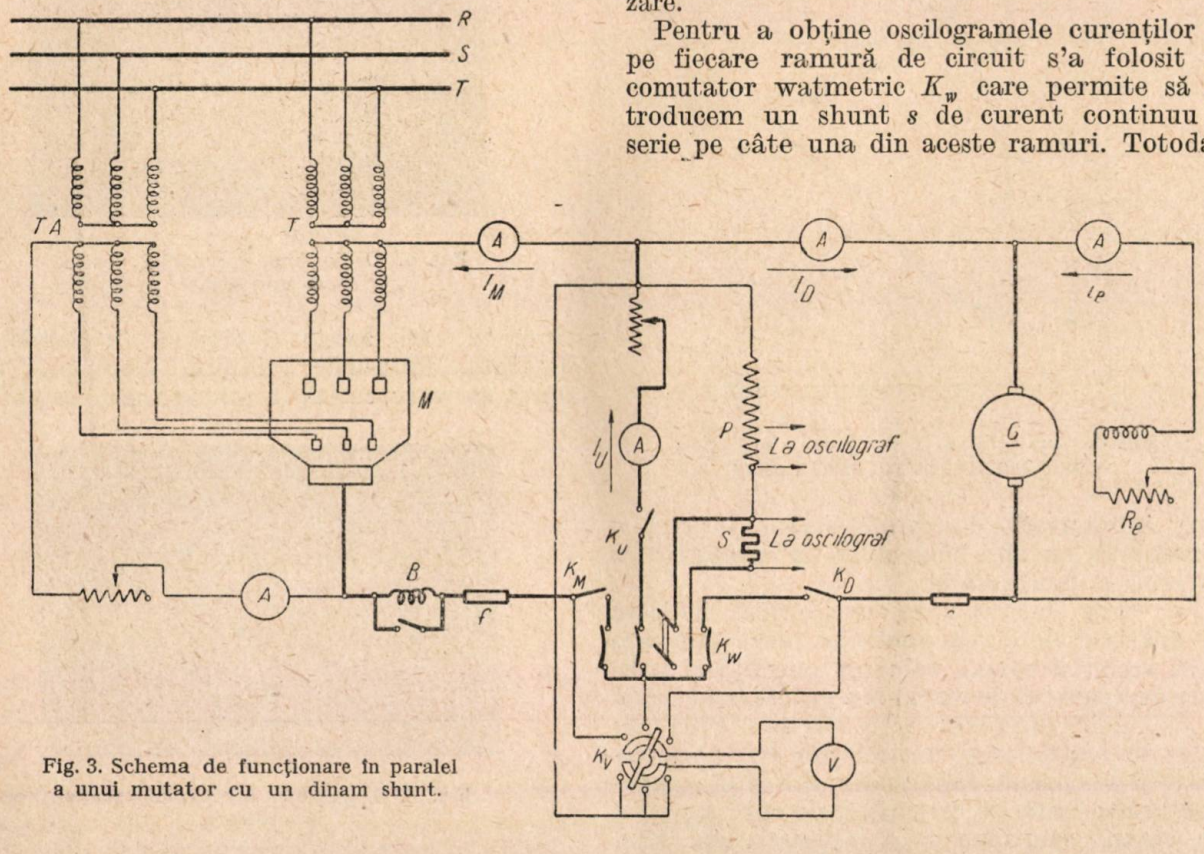


Fig. 3. Schema de funcţionare în paralel a unui mutator cu un dinam shunt.

Pulsaţiile tensiunii comune scad, iar porţiunea rectilinie a curbei de tensiune, situată pe ordonata noului punct Q' devine mai lungă. Curenţii I_u, I_D şi I_M scad dar pulsaţiile de curent $H_2 M_1' H_1'$ rămân neschimbate şi persistă chiar în funcţionarea fără circuit de utilizare.

Toate consideraţiile făcute pentru cuplarea mutatorului în paralel cu o maşină cu excitaţie separată se aplică şi la cuplarea cu o maşină shunt. Din cauza inductanţei mari a bobinării de excitaţie shunt variaţiile curentului de excitaţie cauzate de pulsaţiile tensiunii comune sunt neînsemnate. Cum maşina funcţionează cu oarecare saturaţie aceste pulsaţii nu vor putea influenţa sensibil valoarea fluxului, deci nici f.e.m. a dinamului.

In fig. 3 este dată o schemă de funcţionare în paralel a unui mutator trifazat M cu un generator G cu excitaţi shunt. Anodele auxiliare ale mutatorului sunt alimentate prin transformatorul auxiliar TA dela reţeaua trifazată. Anodele principale sunt alimentate dela aceiaşi reţea prin transformatorul T. In serie pe unul din conductorii ce leagă mutatorul de utilizare s'a montat o bobină B care poate fi scurtcircuitată prin închiderea unui întreruptor. Curentul de excitaţie i_e al dinamului poate fi reglat cu ajutorul reostatului R_e. Tensiunile dinamului, mutatorului şi la bornele utilizării sunt măsurate cu acelaş voltmetru V care este comutat prin o cheie voltmetrică K_v, la bornele celor trei porţiuni de circuit. Intrerupătoarele K_M şi K_D permit să cuplăm în paralel dinamul cu mutatorul iar K_u închide circuitul de utilizare.

Pentru a obţine oscilogramele curenţilor de pe fiecare ramură de circuit s'a folosit un comutator watmetric K_w care permite să introducem un shunt s de curent continuu în serie pe câte una din aceste ramuri. Totodată acelaş comutator comută şi potenţiometrul P dela care se duc legături la oscilograf pentru obţinerea oscilogramelor de tensiune.

Incercările experimentale făcute de colectivul menţionat mai sus au confirmat întru totul concluziile obţinute teoretic din diagrama din fig. 2.

In fig. 4 sunt redate curbe tipice obţinute în funcţionarea în paralel a unui mutator trifazat cu un dinam de curent continuu cu caracteristicele : 220 V, 8,4 A şi 1420 rot/min ; caracteristicele mutatorului sunt : alimentarea 380/220 V, curentul de partea continuă 15 A. Curenţii I_M şi I_D ai dinamului şi mutatorului au fost măsuraţi cu aparate de curent continuu (—) şi aparate de curent alternativ (~). S'a menţinut constant curentul I_U din reostatul de utilizare şi s'a trecut curentul de pe mutator pe dinam, prin variaţia curentului de excitaţie. Rezultatele din fig. 4 sunt obţinute cu bobina B scurtcircuitată.

Pe lângă constatările făcute anterior se observă existența unui punct de inflexiune la curba tensiunii U_u dela bornele circuitului de utilizare. Acesta separă curba în două regiuni :

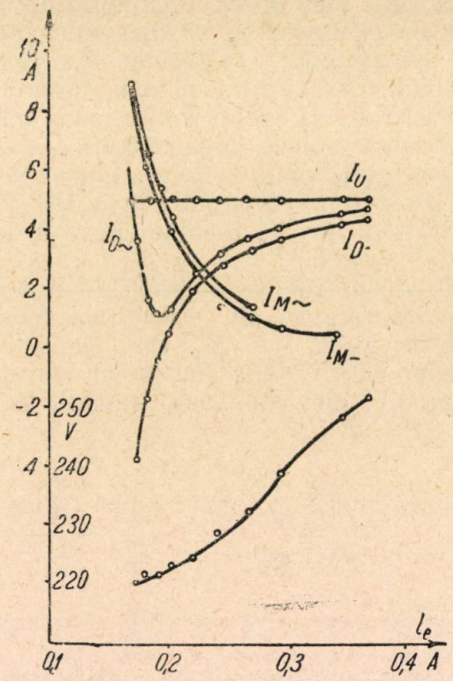


Fig. 4. Caracteristici de funcționare în paralel a unui mutator cu un dinam shunt.

una influențată de caracteristica internă a dinamului, iar alta influențată de caracteristica externă a mutatorului.

In timp ce valoarea curentului indicată de aparatul de curent continuu trece prin zero și își schimbă sensul, valoarea curentului indicată de aparatul de curent alternativ scade până la un minim după care crește din nou. Diferența între indicațiile ampermetrelor de curent alternativ și de curent continuu este datorită componentei alternative a curenților, pe care aparatul de curent continuu nu o înregistrează. Când curentul mutatorului trece prin bobina B aceasta produce o micșorare a componentei alternative, încât minimul se apropie de valoarea zero, iar diferențele între lecturile aparatelor se atenuează.

La curenți de excitație mici, funcționarea devine nestabilă în cazul când periile sunt decalate dela linia neutră în contra sensului de rotație. Incercările oscilografice făcute de acelaș colectiv cu un dinam de 110 V, 63 A, 1300 rot/min. și cu mutatorul alimentat prin autotransformator confirmă și ele metoda grafică.

In fig. 5, 6 și 7 sunt redate trei oscilograme.

In fig. 5 se dă oscilograma curentului I_M dat de mutator în următoarele condițiuni : $I_M = 0{,}65$ A, $I_D = 5{,}6$ A, $I_U = 6{,}3$ A, $U_u = 90$ V, inductanța fiind scurtcircuitată.

Fig. 6 reprezintă oscilograma curentului I_U din rezistența de utilizare, în aceleași condițiuni ca în fig. 5.

Tensiunea U la bornele circuitului de utilizare este redată în fig. 7. Condițiile în care a fost scoasă oscilograma din fig. 7 sunt : $I_M = 0{,}3$ A, $I_D = 5{,}6$ A, $I_U = 5{,}9$ A, $U = 84$ V, inductanța introdusă în circuit.

Toate oscilogramele sunt amplificate și reprezintă numai componenta alternativă a curenților și tensiunii.

In fig. 5 partea curbilinie reprezintă curba curentului dat de mutator în intervalele de

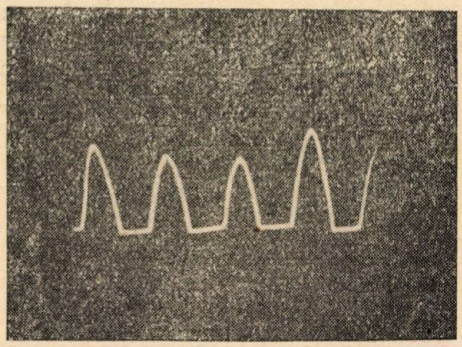


Fig. 5. Oscilograma curentului debitat de mutator.

timp în care acesta debitează în paralel cu dinamul. Porțiunile rectilinii corespund timpului în care curentul mutatorului este zero,

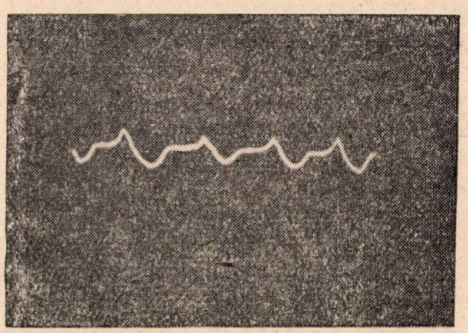


Fig. 6. Oscilograma curentului debitat pe utilizare.

anozii săi fiind blocați de tensiunea mai mare a dinamului ; în acest timp tot curentul de utilizare este dat de dinam.

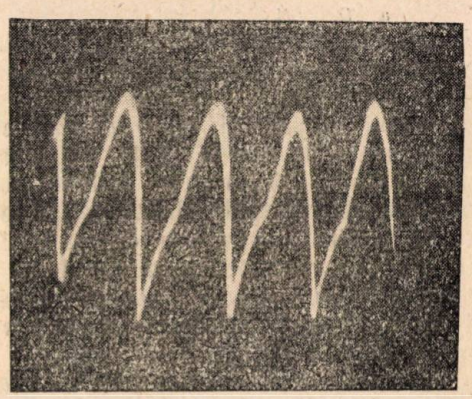


Fig. 7. Oscilograma tensiunii la bornele utilizării.

Inegalitățile de amplitudine ale diferitelor pulsații ale curentului I_M (fig. 5) sunt datorite

faptului că tensiunea de alimentare a mutatorului nu era perfect simetrică.

Curba curentului din circuitul de utilizare (fig. 6) reproduce și forma tensiunii la bornele lui. Și în această curbă se observă porțiunile rectilinii în care debitează numai dinamul și porțiunile curbilinii în care ambele mașini sunt parcurse de curent. In plus se remarcă fenomenul de comutație la trecerea curentului de pe anodul în funcțiune pe dinam. Prezența reactanțelor în circuitul mutator-dinam face ca mutatorul să nu înceteze debitul în momentul în care tensiunea sa scade sub tensiunea dinamului, ci funcționarea se continuă pe o porțiune de sinusoidă sub nivelul părții rectilinii a oscilogramei, până în momentul în care curentul său se anulează. In momentul anulării curentului dat de mutator se produce o trecere aproape bruscă la porțiunea rectilinie.

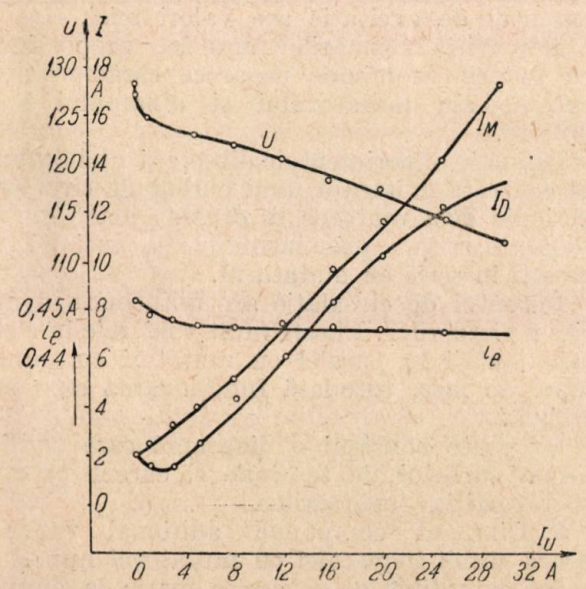


Fig. 9. Caracteristici de funcționare în paralel a unui mutator cu un dinam compound.

In oscilograma tensiunii (fig. 7) fenomenul de comutație apare mai pronunțat din cauză că s'a introdus bobina de self B în circuit.

In diagrama din fig. 2 fenomenul de comutație nu apare pentrucă nu s'a ținut seamă de inductanța circuitelor.

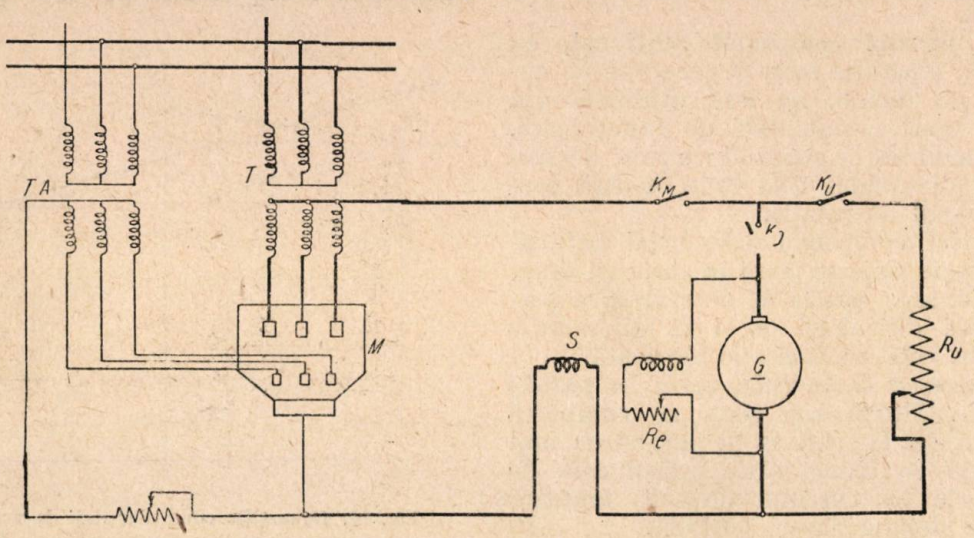


Fig. 8. Schema de funcționare în paralel a unui mutator cu un dinam compound.

2. *Funcționarea în paralel a dinamurilor compound cu mutatorii cu vapori de mercur.* Fig. 8 reprezintă schema principială de funcționare a unui dinam compound adițional cu un mutator trifazat. O particularitate caracteristică a acestei scheme este că pentru o funcționare bună înfășurarea de excitație serie a dinamului este legată în serie cu mutatorul în așa fel încât o eventuală tendință a mutatorului de a prelua un curent mai mare să mărească f.e.m. a dinamului și să prevină astfel nestabilitatea de funcționare. In perioadele de timp în care dinamul funcționează ca receptor, curentul dat de mutator în excitația serie crește, și mărește f.e.m. a dinamului, asigurând astfel stabilitatea. Bobinarea de compoundare legată în serie cu mutatorul mai are două efecte favorabile :

a. Mărește căderea de tensiune a mutatorului la încărcare, dând o pantă mai mare caracteristicii sale. Acest fapt mărește stabilitatea de funcționare și duce la o repartiție mai corectă a încărcărilor.

b. Amortizează parțial pulsațiile de curent a mutatorului, având același rol ca bobina B din fig. 3.

In fig. 9 dăm în funcție de curentul I_U din circuitul de utilizare curbele tensiunei comune U, curentului I_M dat de mutator, curentului I_D dat de dinam și a curentului i_e care parcurge înfășurarea de excitație shunt a dinamului. Curbele din fig. 9 sunt date pentru funcționarea în paralel a aceluiași mutator cu un dinam compound de 115 V, 20,7 A, 2 000 rot/min, montat ca în fig. 8. In această încercare reostatul de excitație al dinamului compound a fost menținut constant și s'a variat curentul I_U prin variația rezistenței circui-

tului de utilizare. Curentul I_D măsurat cu un ampermetru universal prezintă un minimum, deoarece curentul primit de dinam dela mutator scade mai încet decât creşte curentul debitat de dinam în utilizare, datorită formelor diferite a caracteristicilor la încărcare a celor două maşini.

Montajul normal compound adiţional, cu bobinarea de excitaţie serie *S* parcursă de curentul dat de dinam, nu este utilizabil din cauza unei mari nestabilităţi de funcţionare. Oarecare ameliorare se poate aduce prin decalarea periilor dinamului dela linia neutră teoretică, în sensul de rotaţie.

La montajul compound diferenţial bobinarea de excitaţie serie se leagă în serie cu dinamul. Funcţionarea este la fel de stabilă şi prezintă aceleaşi dificultăţi ca şi la dinamurile shunt sau la cele cu excitaţie separată.

3. *Funcţionarea dinamurilor serie în paralel cu mutatorii.* Dinamurile serie se comportă cu totul nestabil la punerea în paralel cu mutatorii. Dacă se alimentează înfăşurarea de excitaţie serie cu curentul dat de mutator funcţionarea devine uneori posibilă.

4. *Funcţionarea comutatricelor în paralel cu mutatorii.* Comutatricele fiind în principiu la fel ca dinamurile shunt au o comportare asemănătoare. Prezenţa bobinei de reactanţă în serie cu mutatorul, de partea continuă, este necesară.

In cazul când tensiunea şi frecvenţa reţelei de curent alternativ care alimentează mutatorul şi comutatricea sunt variabile, funcţionarea mutatorului în paralel cu comutatricea este mai bună decât în paralel cu un grup motor-generator, deoarece f.e.m. ale mutatorului şi comutatricei de partea continuă sufăr simultan variaţii de acelaş sens.

5. *Funcţionarea bateriilor de acumulatori în paralel cu mutatori.* Bateriile de acumulatorii funcţionează stabil în paralel cu mutatori. Comportarea în funcţionare se explică tot după diagrama din fig. 2, şi în acest caz, dacă numărul de faze al mutatorului este mic vom avea în funcţie de valoarea instantanee a tensiunii mutatorului momente în care bateria debitează curent în circuitul de utilizare şi momente în care ea se încarcă primind curent dela mutator. Şi în acest caz variaţiile rezistenţei din circuitul de utilizare influenţează în special curentul de încărcare a mutatorului.

In cazul mutatorilor la care căderea de tensiune scade când creşte curentul debitat şi dacă numărul lor de faze este suficient de mare pentru ca să putem neglija componentele alternative ale curentului redresat, se poate deduce repartiţia încărcărilor din diagrama clasică folosită la funcţionarea în paralel a dinamurilor shunt.

In fig. 10 s'a reprezentat o variantă a acestei diagrame pentru cazul când un mutator trimite un curent I_U într'un circuit de utilizare şi un curent I_B care serveşte pentru încărcarea unei baterii de acumulatori. (*I*) este caracteristica externă a mutatorului; (*II*) caracteristica bateriei, I_M este curentul dat de mutator. $\overline{OV_2} = U$ este tensiunea la bornele grupului în funcţionarea în paralel.

Cu ajutorul acestei diagrame se poate determina limita superioară pe care poate să o

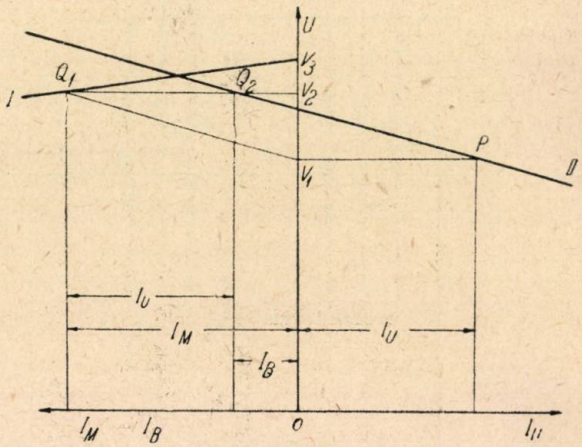


Fig. 10. Repartiţia curenţilor daţi de un mutator pe utilizare şi pentru încărcarea unei baterii de acumulatori.

atingă tensiunea redresorului înainte de a fi cuplat în paralel, pentruca după punerea în paralel încărcarea totală să nu depăşească o anumită valoare.

CONCLUZII

a. Dinamurile cu excitaţie separată şi cele shunt pot funcţiona în paralel cu mutatorii fără dificultăţi importante. Funcţionarea devine nestabilă numai când periile dinamului sunt decalate contra sensului de rotaţie şi când curentul de excitaţie are valori mici.

Repartiţia încărcărilor nu se face proporţional cu puterile nominale deoarece caracteristicile externe ale mutatorului şi dinamului sunt diferite.

Din date experimentale directe şi oscilograme se constată existenţa unui curent de circulaţie periodic dela mutator la dinam; acest curent se poate reduce prin introducerea unei bobine de self în serie cu mutatorul.

Curentul de circulaţie are ca urmare o mărire a pierderilor. El este mult mai mic în cazul funcţionării în paralel cu mutatori cu număr mare de faze, totodată funcţionarea este mai stabilă.

Se poate construi o diagramă care explică forma curbelor de tensiune şi curent precum şi repartiţia încărcărilor.

b. Dinamul compound adiţional funcţionează stabil în paralel cu mutatorul numai în cazul curenţilor de excitaţie mari; la curenţi de excitaţie mici este mai nestabil ca dinamul shunt. Ameliorarea stabilităţii şi a repartiţiei încărcăturii se realizează alimentând excitaţia serie cu curentul dat de mutator.

Dinamul compound diferenţial funcţionează la fel de stabil ca dinamul shunt.

c. Dinamul serie prezintă o nestabilitate totală în funcționarea în paralel cu mutatorii.

d. Comutatricile și bateriile cu acumulatori funcționează în paralel cu mutatorii la fel ca și dinamul shunt.

e. Oscilogramele confirmă metoda grafică de explicare a repartiției curenților și arată existența fenomenului de comutație a curentului de pe anoda în funcțiune pe dinam, analog cu comutația între anodele unui mutator.

Bibliografie

[1] *V. Corlățeanu, I. Filipiuc, Gh. Șerban, M. Vasilciuc, V. Știrbu* : Funcționarea în paralel a generatorilor de curent continuu cu mutatori cu vapori de mercur. Lucrare comunicată în ședința din 17 Iunie 1953, Filiala Acad. R.P.R. Iași.

[2] *Cesar Parteni* : Curs de Mașini Electrice, vol. V. Mutatori cu vapori de mercur. Ed. Inst. Politehnic Iași 1946.

[3] *Cesar Parteni* : Redresseurs à vapeur de mercur à grand dèbit. Rev. B.B.C. Ianuarie 1946.

[4] *M. P. Costenco, L. N. Neiman* și *G. N. Blavdzevici* : Procesele electromagnetice în sistemele de instalații redresoare de putere. Ed. Ac. Șt. U.R.S.S. Moscova, 1946.

★

РАБОТА РТУТНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ ПАРАЛЛЕЛНО ГЕНЕРАТОРАМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Резюме

Авторы рассматривают параллельную работу ртутных выпрямителей с машинами постоянного тока Они дают диаграмму распределения токов в цепи выпрямителя, генератора и нагрузки. Главные заключения к которым приходят :

а) Могут быть легко соединенны параллельно генераторы постоянного тока с независимым параллельным возбуждением, одноякорные преобразователи и аккумуляторные батареи вместе с ртутными выпрямителями.

б) Работа неустойчива с генераторами постоянного тока с последовательным возбуждением.

в) Для хорошей работы параллельно включенных генераторов компаунд постоянного тока и с последовательная обмотка должна питатся от цепи выпрямителя.

г) Замечается явление каммутации между выпрямителем и генератором.

CONSIDERAȚII ASUPRA CONSTRUCȚIEI APARATAJULUI ANTIGRIZUTOS

Ing. GH. COSMIN

Sunt arătate principiile de execuție, trecându-se apoi la analiza fiecărui principiu în parte din punct de vedere al importanței și al construcției la cari se aplică. Sunt menționate realizările industriei noastre electrotehnice, pe baza bogatei documentații și a experienței sovietice.

1. Lozinca „Mai mult cărbune pentru patrie, pentru pace" a fost însușită nu numai de muncitorii minieri. Muncitorii și tehnicienii din întreaga țară, îndrumați de partid, mobilizați de cuvintele înflăcărate ale tovarășului Gheorghe Gheorghiu-Dej la consfătuirea pe țară a muncitorilor minieri din industria carboniferă, luptă cu avânt pentru a veni în ajutorul minierilor, pentru a le pune la dispoziție cele mai noi și mai moderne mașini cu care ei să poată mări producția de cărbune.

Mecanizarea la maximum a industriei de cărbune, respectiv electrificarea minelor, sunt sarcini de frunte ale industriei metalurgice și ale industriei electrotehnice.

Pentru prima dată în țara noastră la sfârșitul anului 1951, s'a pus problema construirii utilajului electrotehnic de construcție specială pentru folosirea în minele de cărbuni, utilaj denumit în mod curent „antigrizutos".

2. Pentru industria de aparataj de joasă tensiune, industrie încă în plină desvoltare, problemele de rezolvat în această direcție au fost foarte grele și numai datorită imensului ajutor pe care l-am avut în modelele și documentațiile sovietice, ele au putut fi rezolvate cu succes.

Aparatele electrice care să poată fi folosite în minele de cărbuni trebue să îndeplinească o serie de condiții care nu se cer aparatelor normale. Condițiile cerute sunt în legătură în primul rând cu pericolul pe care îl prezintă o flacără sau o scânteie în atmosfera de grizu (amestec explosiv de metan cu aer care poate apare în orice moment în interiorul minei, în special în abatajele insuficient aerate).

Orice întrerupător electric produce prin însăși funcționarea lui normală, scântei și flacări. Deaceea, trebue găsite mijloacele pentru a evita ca aceste scântei să aprindă amestecul explosiv eventual existent în mină.

Construcțiile obișnuite în mine se bazează pe diferite principii de execuție și anume :

— capsularea rezistentă la presiune ;
— protecția prin dispozitive cu lamele ;
— siguranța mărită ; — protecția sub ulei ;

— ventilația cu suprapresiune;
— siguranța interioară.

Aceste principii nu sunt de egală importanță și nu pot fi folosite la orice construcție.

3. Construcția antigrizutoasă prin capsulare rezistentă la presiune este cea mai importantă și cea mai întrebuințată, deoarece în apropierea locurilor de muncă, pentru aparatajul greu, o altă construcție nu poate intra în discuție.

Principiul acestei construcții este ca aparatul electric propriu zis să fie îmbrăcat cu o cămașe metalică rezistentă la presiunea maximă ce poate interveni în cazul unei explozii interioare; deasemenea, spațiile care comunică cu interiorul trebue să fie atât de lungi și înguste încât amestecul explosiv din exterior să nu poată fi aprins în cazul unei explozii în interior.

Problema care se pune nu este nici ca aparatul să reziste la explozia din mină, așa cum își închipue unii în mod greșit, nici ca să se împiedice pătrunderea gazului explosiv în interiorul aparatului prin perfecta lui etanșare.

Construcția antigrizutoasă nu este o construcție capsulată etanș. O astfel de construcție ar fi foarte greu de realizat. Construcția antigrizutoasă își propune numai ca exploziile ce iau naștere în interiorul aparatului să nu poată da naștere unei explozii în exterior. Pentru aceasta este suficient ca presiunea exploziei să nu spargă carcasa și ca gazele fierbinți ce iau naștere în interior să fie îndeajuns răcite pentru ca să nu poată aprinde amestecul explosiv din afară. Răcirea gazelor se realizează prin laminare. Experiența a arătat că trecerea gazelor fierbinți printr'un interstițiu de 0,5...1 mm pe o lățime de 10...20 mm le răcește suficient pentru ca ele să nu mai poată aprinde un amestec explosiv. Această proprietate a fost folosită în construcțiile antigrizutoase limitându-se la cel mult 0,5 mm mărimea interstițiilor la îmbinări, traversări etc. și prevă-

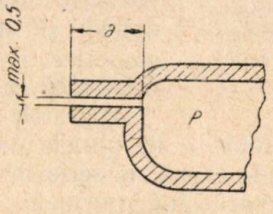


Fig. 1. Flanșe

Capacitate l	Presiune (P) at	Lățime (a) mm
—0,5	3	8
0,5...2	6	15
2—	8	25

zându-se flanșe, respectiv bucșe, foarte late, dela 8 la 25 mm, în funcție de capacitatea carcasei (fig. 1 și 2).

Este de remarcat că folosirea garniturilor de etanșare este strict interzisă, deoarece în primul rând etanșeitatea nu este nici necesară, nici recomandabilă, în al doilea rând, garnitura este aruncată afară de forța exploziei și interstițiul rămâne prea mare, iar în al treilea rând garniturile se pierd ușor.

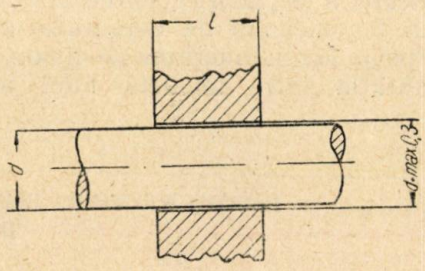


Fig. 2

Capacitate l	Lungime mm
—1	15
1—	25

Construcția antigrizutoasă nu se limitează însă numai la atât. Ea trebue întovărășită de o serie întreagă de dispozitive de siguranță. Intr'adevăr nu este suficient ca să se realizeze siguranța la explozie când capacul este bine închis, ci trebue să se obțină siguranța absolută că nu se va putea deschide capacul atât timp cât în interior există pericolul producerii unei scântei (adică atât timp cât întreruptorul este anclanșat); deasemenea, trebue să se obțină siguranța că odată carcasa deschisă nu se va putea produce involuntar o scânteie (adică nu se va putea anclanșa întreruptorul), deasemenea că un om necompetent nu va putea deschide carcasa etc.

Aceste măsuri de siguranță se realizează prin diferite sisteme și dispozitive de blocare.

Prinderea capacelor întreruptorilor normali care se deschid rar, se face cu șuruburi cu cap triunghiular care nu se pot deșuruba decât cu o cheie specială.

Intreruptorii automați, care se deschid des, au capace care se desfac prin rotire. Rotirea este împiedicată de un șurub (S în fig. 3) care nu poate fi deplasat decât după ce maneta M a desfăcut contactele separatorului de alimentare. Deasemenea, maneta nu poate închide separatorul până ce șurubul S nu a revenit la locul fixat din capac.

4. Construcția carcaselor și mărimea interstițiilor au fost îndelung studiate pentru numeroase gaze explosive, în instalații special amenajate în acest scop, în diferite țări. Schema unei astfel de instalații este arătată în figura 4.

4. 1. S'a determinat în aceste cercetări că amestecul de metan cu aer care dă naștere celor mai puternice explozii este cel în care

metanul se găsește în proporție de 10%. Amestecul cel mai inflamabil (cel care se aprinde la temperatura cea mai scăzută — în jurul a

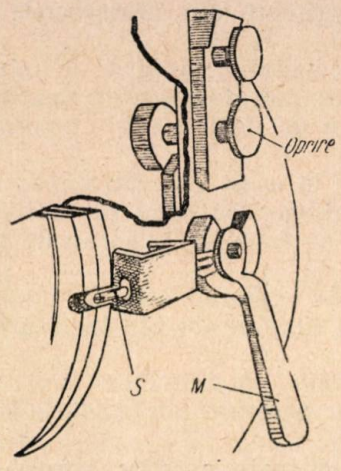


Fig. 3

600°C) este cel în care se metanul găsește în proporție de circa 7%.

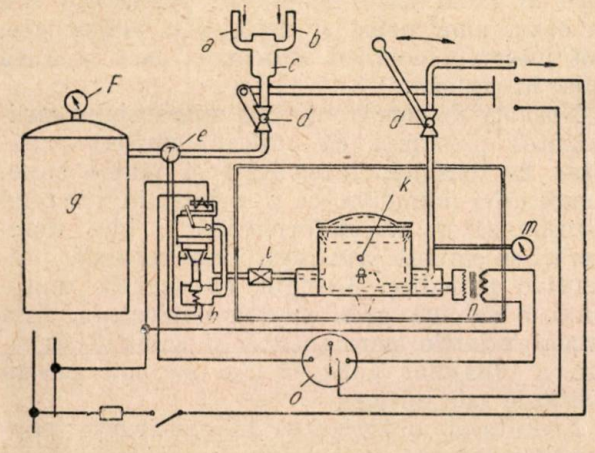


Fig. 4. Schema instalației pentru încercări la explozie

a — aer; *b* — gaz; *c* — vas de amestec; *d* — robinet de închidere; *e* — vană triplă; *f* — manometru; *g* — rezervor de gaz; *h* — ventil electromagnetic; *i* — ventil de întoarcere; *k* — manometru de explozie; *l* — incăpere de încercare; *m* — manometru (pentru determinarea presiunii înainte de explozie); *n* — transformator pentru aprindere; *o* — dispozitiv pentru aprinderea amestecului.

In figura 5 este arătată caracteristica presiune în funcție de timp a amestecului de aer

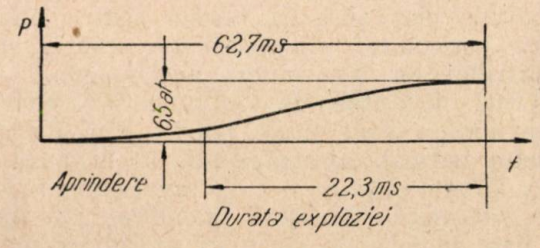


Fig. 5

cu concentrația de 10% metan. Se poate vedea că presiunea maximă atinsă (într'o carcasă complect etanșă de 5 l capacitate) este de 6,5 at iar durata exploziei este de 20...25 milisecunde.

4. 2. S'a constatat că domeniul de concentrație în care amestecurile de gaz cu aer sunt explozibile, este variabil și depinde de natura gazului. Deasemenea presiunea care ia naștere în timpul exploziei, depinde de natura atât a gazului cât și de concentrația lui. In figura 6 sunt trasate curbele care arată dependența presiunii de explozie în funcție de concentrație

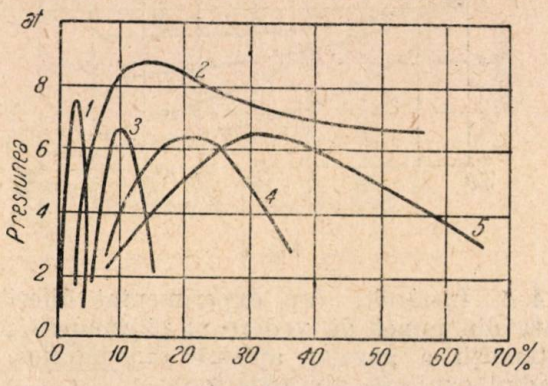


Fig. 6

1 — benzină; *2* — acetilena; *3* — metan; *4* — gaz aerian; *5* — hidrogen;

pentru diferite gaze. Din acestea, metanul, care ne interesează în deosebi (curba 3) este explozibil numai în concentrațiile dela 6 până la 15%. Pentru concentrația de 10%, se vede că se obține presiunea maximă de explozie, care atinge circa 6,5 at.

4. 3. Presiunea de explozie depinde deasemenea, de capacitatea vasului variind în funcție de acesta între 4,5 și 6,7 at. Aceasta, precum și faptul că vasele mici se pot prelucra mai precis, explică dece este prevăzută o anu-

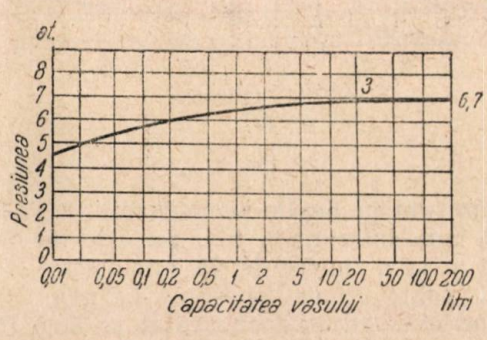


Fig. 7. Presiunea de explozie în funcție de capacitatea vasului.

mită reducere a presiunii de probă la vase de capacitate mică (fig. 7).

4. 4. După cum am arătat însă, aparatele în capsulare rezistentă la presiune nu sunt etanșe.

Curbele de mai sus sunt variabile pentru vase etanșe, ceeace nu este cazul în construcții normale. Interstițiile sunt extrem de avantajoase din punct de vedere al presiunii la explozie care scade foarte repede pe măsură ce interstițiile cresc. In construcțiile antigrizutoase obișnuite avem în general o secțiune relativă a deschiderilor variind între 5 și 30 mm²/l. De exemplu, în cazul întreruptorului

antigrizutos de 60 A, secțiunea relativă a deschiderilor este de 10...20 mm²/l în funcție de precizia prelucrării. Așa că, în realitate, avem de a face cu presiuni și mai scăzute, de cel mult 5 at (fig. 8).

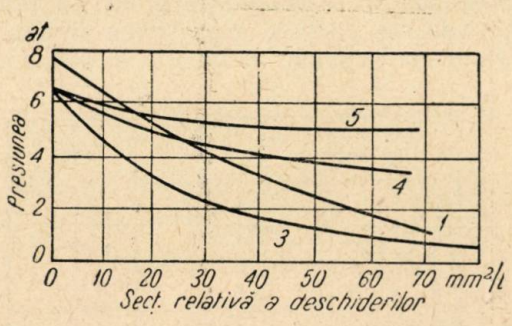


Fig. 8

4. 5. Insfârșit, s'au experimentat diferitele gaze din punct de vedere al pătrunderii prin interstiții a gazelor aprinse din interior, la mediul explosiv din exterior.

Din punctul de vedere practic al constructorului de aparate, acest studiu este cel mai important.

Constatările sunt arătate în figura 9. Pentru metan se poate vedea că normele care prevăd flanșe de 25 mm lățime cu un interstițiu de

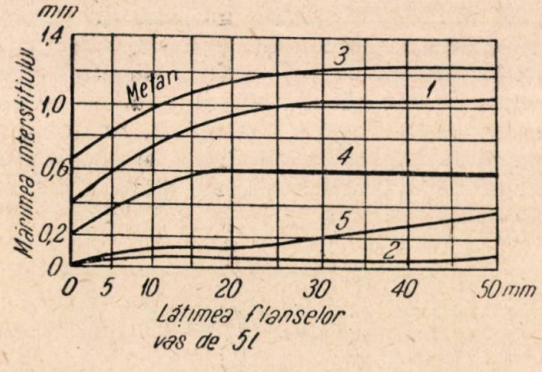


Fig. 9

0,5 mm sunt pe deplin acoperitoare. Intr'adevăr la 0,5 mm interstițiu, nici nu este nevoie de flanșă și la o flanșă de 25 mm lățime, interstițiul poate fi de aproape 1,2 mm. Cerce tări sovietice recente au arătat că la o flanșă de 25 mm lățime și un interstițiu de 1,17 mm probabilitatea aprinderii amestecului explosiv din exterior chiar în condițiile cele mai defavorabile (sursa de aprindere în apropierea interstițiului, amestecul de gaze din interior cu concentrația cea mai explosibilă, amestecul de gaze din exterior cu concentrația cea mai inflamabilă) este deabea de $1 : 10^{12}$.

Este interesantă comportarea acetilenei care necesită construcții complet etanșe. Se vede că dintre toate gazele, metanul are din toate punctele de vedere, cea mai favorabilă comportare, așa că construcțiile rezistente la explozie și care sunt bune pentru toate gazele (afară de acetilenă) pot fi folosite cu deplină siguranță în minele de cărbuni.

In concluzie, normele actualmente în vigoare în țara noastră și care prevăd o presiune hidraulică de încercare de 8 at timp de 1 minut, cum și lățimile de flanșe arătate anterior, sunt mult acoperitoare din următoarele puncte de vedere :

— eventualitatea apariției în mină, în interiorul întreruptorului, a celei mai defavorabile concentrații de metan, este cu totul improbabilă ;

— chiar în acest caz, presiunea maximă ce se poate atinge dat fiind interstițiile, este de cel mult 5 at față de presiunea de încercare de 8 at ;

— durata exploziei este de numai 20 milisecunde în timp ce durata încercării este de 1 minut ;

— mărimile interstițiilor sunt mult inferioare celor necesare pentru lățimile de flanșe prevăzute.

Analizând toate acestea, rezultă un foarte mare coeficient de siguranță, care face ca, în condiții normale, o explozie în mină datorită aparatajului electric, să fie cu totul imposibilă.

Am menționat „în condiții normale" deoarece în cazul unor greșeli în exploatare sau în cazul unor uzuri și deteriorări accentuate, pot interveni condiții anormale, care să ducă chiar la explozii.

Normele de construcție ale aparatajului antigrizutos presupun că utilajul nu este solicitat la tensiuni, intensități și puteri superioare celei nominale, că este întreținut în mod corespunzător, că deformațiile și alte deteriorări se elimină prin îngrijire și reparații preventive periodice. Desigur că aceasta reprezintă o sarcină grea pentru exploatare, însă numai printr'o permanentă și serioasă îngrijire a utilajului antigrizutos, se pot păstra calitățile sale inițiale.

Aparatajul antigrizutos în construcție capsulată rezistentă la presiune se construește și se încearcă în țara noastră pe baza normelor întocmite de o comisie mixtă a Ministerului Industriei Cărbunelui și a M.E.E.I.E-ului și care poartă denumirea de „Norme și prescripțiuni pentru construcția și alegerea utilajului și echipamentului electric minier"(N.P.U.E.M.).

In ceeace privește aparatajul, sunt de menționat în afară de problemele atinse până acum, condițiile prevăzute în norme pentru micșorarea pericolului producerii de scântei și a numărului de întreruperi accidentale.

Astfel, distanțele de străpungere și conturnare admise sunt mult mărite față de cele admise normal, ajungându-se la distanțe de 20...25 mm (față de 6...10 mm pentru aparatele obișnuite). Această condiție, cu toate că pare inofensivă, duce la dificultăți foarte mari în construcția aparatelor antigrizutoase. In primul rând, ea face ca utilizarea aparatelor normale, îmbrăcate într'o carcasă antigrizutoasă, să nu fie posibilă. In al doilea rând, această condiție duce la dimensiuni și greutăți mari, ceeace nu este deloc de dorit.

Normele dau deasemenea o deosebită atenție punerii la pământ deoarece condițiile lucrului în mină (atmosferă caldă și umedă; corpurile goale, umede și în directă legătură cu pământul) prezintă un permanent pericol de electrocutare. Statisticile accidentelor în mine arată că pericolul electrocutării este mult mai mare decât al exploziilor; la 100 de accidente de natură electrică, sunt 99 de electrocutări și numai o explozie. Deaceea asigurarea unei legături la pământ absolut sigure, ca și asigurarea unor rezistențe de izolație suficiente chiar la umiditate, sunt neapărat necesare.

Normele prevăd în acest scop că instalarea întreruptorilor automați trebue astfel făcută, încât dacă se întrerupe legătura cu pământul, întreruptorul să declanșeze.

Incercarea antigrizutozității se face prin două probe:

a. O încercare de rezistență la presiunea hidraulică prevăzută pentru capacitatea respectivă a aparatului. Această încercare se face asupra fiecărei carcase, etanșându-se cu garnituri toate interstițiile normale. Această probă este deci o probă a rezistenței pereților și a interstițiilor accidentale, nu a interstițiilor normale.

b. O încercare de rezistență la explozie. Această încercare ce se face numai asupra câtorva aparate dintr'o serie, se execută la o stație de încercări cu o instalație specială. Se introduce în interiorul aparatului și în spațiul din afara lui un amestec explosibil format din o parte metan și 9 părți aer, apoi acest amestec se aprinde cu o scânteie electrică. Operația se repetă de 10 ori. Dacă la nici una din probe explozia din interiorul aparatului nu a provocat explozia atmosferei explosive din exterior, aparatul se consideră bun.

Este de observat că explozia din interiorul aparatului nu afectează cu nimic piesele din interior, acestea rămânând în perfectă stare.

Scurta noastră experiență ne-a arătat că, atât timp cât se respectă interstițiile prevăzute, încercarea la explozie este o probă infinit mai ușoară decât încercarea la presiune hidraulică, așa că un aparat căruia i se verifică interstițiile și care rezistă la presiune hidraulică, este absolut sigur că va rezista și la încercarea la explozie. Mai mult decât atât, am putut constata întâmplător că aparatele care nu corespund la încercarea de presiune hidraulică, din cauza porozității fontei sau sudurilor, sau aparatele la care lățimea flanșei este de 2 ori mai mică decât cea prevăzută în norme, rezistă totuși la explozie.

Ar fi poate bine să se reconsidere atât necesitatea acestei încercări, cât și felul în care se execută, deoarece în modul în care se face, nu este decât o simplă formalitate fără nici o valoare tehnică.

5. Construcția cu protecția prin dispozitive cu lamele sau plăci se bazează tot pe principiul laminării gazelor aprinse. Aparatul propriu zis se închide într'o carcasă cu orificii din grătare de plăci late așezate la maximum 0,5 mm una de alta. Necesitatea acestei construcții apare la utilajele mai mari, unde din cauza căldurii importante degajate în interiorul carcasei, devine necesară o oarecare ventilație pe care aceste grătare o pot asigura.

In construcția aparatelor electrice, acest sistem are o utilizare restrânsă. Față de sistemul de capsulare rezistentă la presiune, nu există o diferență constructivă esențială, deoarece realizarea este cu totul analoagă, singura deosebire fiind existența acestor pachete de plăci în locurile potrivite.

Din punct de vedere al condițiilor pe care trebue să le îndeplinească aceste construcții, este de remarcat că datorită creșterii mari a spațiilor de comunicare, presiunea ce poate apare în carcasă scade foarte mult; deaceea anumite norme străine admit o scădere a presiunii de încercare corespunzătoare mărimii deschiderilor. De exemplu la o secțiune a orificiilor de 60 mm²/l (secțiunea minimă admisă) nu mai este necesară decât o presiune de încercare de 2,5 at.

Presiunea de încercare este dată de formula:

$$P_d = P\left(1 - \frac{m}{80}\right)$$

unde P este presiunea de încercare în cazul carcasei fără deschideri (3...8 at după capacitate) iar m este secțiunea relativă a deschiderilor în mm²/l (adică raportul dintre secțiunea deschiderilor, în mm² și capacitatea carcasei goale, în litri).

In aceste construcții se cere ca lamelele să fie destul de groase pentru a asigura o suficientă rezistență mecanică, să se confecționeze din materiale inoxidabile și cu temperatură de topire ridicată, să fie ferite de lovituri și să existe posibilitatea de a le curăța și înlocui.

6. Construcția cu siguranță mărită nu este antigrizutoasă; ea nu asigură evitarea exploziilor și deci nu poate fi utilizată în locuri unde există pericol de explozie, pentru aparate care produc scântei în mod normal. Această construcție este o construcție normal închisă, care, printr'o serie de măsuri mai severe, prezintă o mai mare siguranță la deteriorări și mai puțin pericol de defectare.

Se impun astfel acestor construcții:

— distanța de străpungere și conturnare mult mărite (ca și pentru aparatele antigrizutoase);

— carcase închise (capsulate) cu șuruburi cu cap triunghiular, care să nu poată fi deschise de personal incompetent;

— încălziri admisibile cu 10°C mai mici decât cele pentru construcții normale;

— să nu se folosească izolanți higroscopici și combustibili ca lemnul, fibra, prespanul.

Aceste construcții se folosesc numai pentru aparate unde nu se pot produce scântei decât în mod cu totul accidental. Părțile unde se produc scântei în mod normal se realizează

în construcție antigrizutoasă. Cu toate că probabilitatea producerii unei explozii cu aceste aparate este practic nulă (deoarece ar trebui să coincidă accidentul în aparat cu apariția gazului explosiv în mină), totuși utilizarea lor în locurile unde apar concentrații de metan este interzisă. Deși folosirea lor este deci mult limitată, ele reprezintă un avantaj economic important, deoarece sunt mult mai ieftine și mai puțin ancombrante decât construcțiile antigrizutoase.

7. Construcțiile în care toate contactele, principale și auxiliare, se găsesc sub ulei, sunt în general considerate ca antigrizutoase dacă nivelul de ulei este suficient pentru a nu permite ca arcul electric format să poată pătrunde până la suprafață. Folosirea lor în mine este permisă numai pentru utilajele fixe : ele nu pot fi utilizate la locurile de muncă mobile.

Sistemul de ventilație cu suprapresiune este deasemenea puțin utilizat în mine ; el vine în

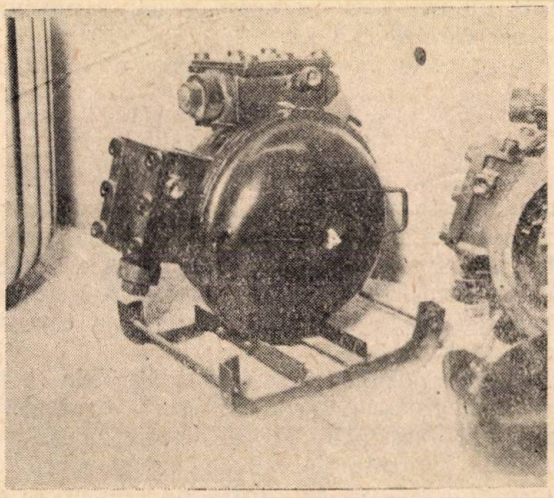


Fig. 10

considerație mai mult în uzine, unde poate fi realizat mai ușor, și în special pentru motoare.

Acest sistem de construcție realizează protecția împotriva exploziilor trecând în permanență prin aparat un curent de aer proaspăt sau gaz neutru.

Interiorul trebue să nu comunice cu exteriorul decât prin canalele de aspirație și refulare a aerului, deoarece prin alte orificii s'ar putea infiltra amestecul explosiv.

Insfârșit, sistemul cu siguranță interioară constă în realizarea unor asemenea circuite electrice în care energia scânteii să nu depășească energia minimă necesară aprinderi metanului. Aceasta este evident posibil numai pentru instalațiile de semnalizare (până la maximum 140 V) și se realizează în general prin introducerea de condensatori, celule de seleniu etc. în circuitele respective.

Institutul de Cercetări științifice Mak din URSS a stabilit grafice care arată ce parametrii trebue luați pentru diferite circuite.

8. In figurile 10...14, sunt arătate câteva aparate în construcție antigrizutoasă rezistentă la presiune. In figura 10 se poate vedea un contactor electromagnetic prevăzut cu relee

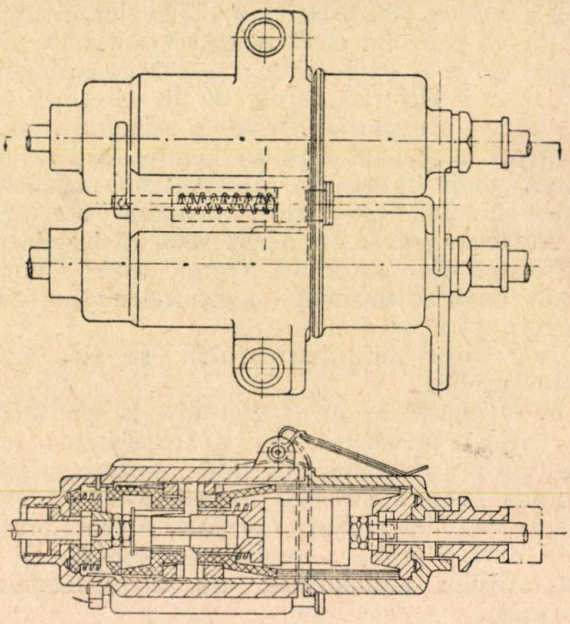


Fig. 11

de suprasarcină și scurtcircuit. Aparatul este fixat pe o sanie, ceeace ușurează mult transportul în mină. In figura 11 este arătată o

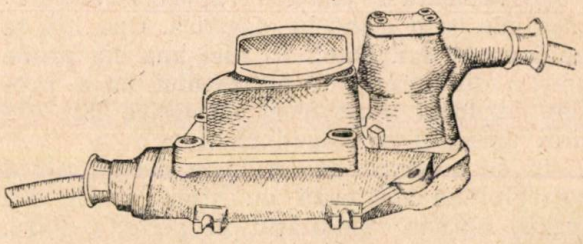


Fig. 12

priză pentru locomotive de mină cu acumulatori ; în figura 12, o priză de 25 A cu întreruptor tripolar, în figura 13, un buton de acționare la distanță și în figura 14, un întreruptor pachet, toate în construcție antigrizutoasă. Sunt de remarcat : robustețea construcțiilor, flanșele late, prinderile cu șuruburi cu cap triunghiular, trecerile pentru cabluri realizate cu presse — etoupe etc.

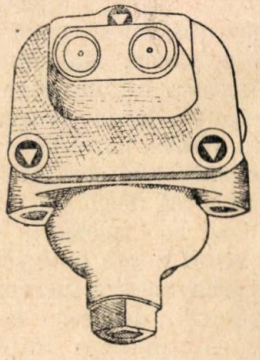


Fig. 13

O parte din aceste aparate și altele s'au realizat și la noi întâiă ; marea majoritate s'au bazat pe modelele și documentațiile sovietice care ne-au fost de un real folos în realizarea lor.

Prin realizarea în țară a aparatajului antigrizutos s'a făcut un pas important pe calea

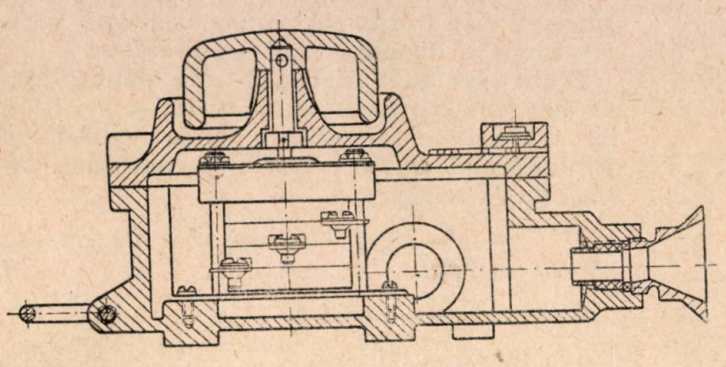


Fig. 14

electrificării exploatărilor carbonifere, pe drumul măririi producției de cărbune.

La conferința pe țară a M.E.E.I.E. din 24—26 Aprilie 1953, delegații intreprinderii Electroaparataj, au ascultat cu multă bucurie cuvintele reprezentanților industriei de cărbune care au arătat ajutorul pe care noile noastre aparate le-au adus exploatărilor carbonifere; mândria noastră a fost cu atât mai mare atunci când am aflat că muncitorii și tehnicienii din industria de cărbune au înlocuit aparatele importate d n Apus, cu aparatele noastre, pe care le-au găsit superioare.

Aceste succese constitue pentru noi, colectivul întreprinderii Electroaparataj, un prețios stimulent în munca noastră pe drumul trasat de Partid, pe drumul construirii socialismului.

★

СООБРАЖЕНИЯ О КОНСТРУКЦИИ ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОЙ АППАРАТУРЫ

Резюме

В свете опыта первого года конструирования взрывобезопасной аппаратуры в нашей стране, в статье рассматриваются различные конструктивные принципы электрических аппаратов применяемых в горных установках, в особенности что касается конструкции выдерживающие высокие давления.

Указываются полученые экспериментальные результаты в исследовательских институтах СССР касающиеся поведения различных взрывчатых смесей при взрыве. Указываются конструктивные критерии, главные технические условия и нормы на которых основываются конструкции взрывобезопасных аппаратов и испытания которым подлежат.

Доказывается абсолютная надежность современной электрической аппаратуры в взрывобезопасном исполнении и в заключение кратко предетавляются несколько типичных аппаратов некоторые из которых были построены и у нас.

NOMOGRAMA PENTRU CALCULUL BOBINELOR CILINDRICE

Ing. E. HOPPE

Se prezintă o nomogramă nouă pentru calculul numeric al ecuațiilor de bază ale bobinelor cilindrice, în vederea aplicării generale.

In articolul „Contribuție la geometria bobinelor cilindrice", apărut în Nr. 6 al prezentei reviste, s'au indicat pentru calcularea numerică a ecuațiilor de bază ale bobinelor cilindrice câteva tabele, o nomogramă reticulară și o construcție grafică.

Procedura calculului numeric mai ales la mai multe înfășurări pe același miez este în sine destul de laborioasă [1], ecuațiile de rezolvat în repetate rânduri nu se pretează la logaritmare și la calculul neîntrerupt cu rigla, tabelele folosite în practică au un domeniu de utilizare limitat; la fel nomograma reticulară propusă de autor nu se poate folosi practic decât pentru un număr redus de carcase tip, iar construcția grafică este greoaie și lasă de dorit în ceeace privește exactitatea practică a rezultatelor, când nu se execută cu multă meticulozitate.

In cele ce urmează se va deduce o nomogramă cu puncte aliniate [2], teoretic exactă, care reduce la minimum timpul necesar pentru calculele tip respective și rezolvă problema cu o exactitate practică superioară celei ce se poate obține la calculul cu rigla normală de 25 cm lungime.

Deducerea nomogramei.

Ecuațiile de bază ale bobinelor cilindrice sunt:

$$R\% = \frac{100 + W\% \, h/d}{100 \, (1 + h/d)} \cdot W\% \qquad (1)$$

$$W\% = 100 \left[\sqrt{\left(\frac{1}{2\,h/d} \right)^2 + \frac{R\%}{100} \left(1 + \frac{2}{2\,h/d} \right)} - \frac{1}{2\,h/d} \right] \qquad (2)$$

Ecuația (1), (2) se poate scrie sub forma :

$$\frac{W\%}{100} + \frac{1}{2\ h/d} = \sqrt{\left(\frac{1}{2h/d}\right)^2 + \frac{R\%}{100} \cdot \left(1 + \frac{2}{2\ h/d}\right)} \qquad (3)$$

Punându-se

$$\frac{W\%}{100} = w\,;\ \frac{R\%}{100} = u\,;\ \frac{1}{2\ h/d} = v$$

se obține :

$$w+v = \sqrt{v^2 + u\ (1+2\ v)}\,;$$

$$w^2 + 2\ vw = u+2\ uv\,;$$

$$u = \frac{w^2 + 2\ wv}{1+2v} = \frac{w^2 + 2\ wv}{1+2v} + w - w\,;$$

Această amplificare cu termenii $+w$ și $-w$ este operația decisivă, care permite despărțirea funcțiunilor necesare nomografierii, ecuația dată transformându-se în :

$$u = w - \frac{w + 2\ wv - w^2 - 2\ wv}{1+2\ v} = w - \frac{w(1-w)}{1+2\ v} \qquad (4)$$

sau

$$u \cdot 1 + \frac{1}{1+2\ v} \cdot w\ (1-w) - w = 0, \qquad (5)$$

Ecuația (4) se poate scrie sub forma $f_2 = p_3 + m_3 \cdot f_1$, unde $u = f_2$, $w = p_3$, $\frac{1}{1+2v} = f_1$, $-w\,(1-w) = m_3$.

Aceasta este forma canonică simplificată a tipului de nomogramă cu 2 axe paralele și un suport curb (2, relația 49).

Ecuația (5) se poate scrie sub forma :

$$f_1\,(u) \cdot f_3\,(w) + f_2\ (v) \cdot g_3\,(w) + h_3\ (w) = 0$$

unde :

$$u = f_1\,(u),\ l = w^0 = f_3\,(w).\ \frac{1}{1+2v} =$$

$$= f_2\,(v),\ w\ (1-w) = g_3\ (w),\ -w = h_3\ (w).$$

Aceasta este forma canonică Cauchy a ecuațiilor de ordinul IV de nomografiere. (3, pag. 85).

Ecuația simplă Soreau este :

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & u \\ 1 & 1 & \frac{1}{1+2\ v} \\ 1 & \frac{w\,(1-w)}{w(1-w)+1} & \frac{w}{w(1-w)+1} \end{vmatrix} = 0$$

ceeace se poate verifica calculând determinantul. Scările nomogramei sunt :

$$x_1 = 0,\ y_1 = u\,;\quad x_2 = 1\,;\ y_2 = \frac{1}{1+2v}\,;$$

$$x_3 = \frac{w\,(1-w)}{w\,(1-w)+1}\,;\ y_3 = \frac{w}{w(1-w)+1}\,;$$

Reiese și de aci, că nomograma constă din 2 scări rectilinii și dintr'o scară curbilinie. Nomograma este, deci, de gradul (genul) 1.

Scara pentru variabila u este lineară, iar suportul este chiar axa ordonatelor.

Scara pentru variabila v este proiectivă iar suportul este o dreaptă paralelă cu axa ordonatelor la o distanță egală cu unitatea.

Scara pentru variabila w este determinată de ecuațiile parametrice $x_3 = f_1\ (w)$ și $y_3 = f_2(w)$, iar suportul se găsește prin eliminarea parametrului w din ecuațiile parametrice, obținându-se relația :

$$x^2 - xy - y^2 - x + y = 0 \quad = a_{11}x^2 - \ 2a_{12}xy - a_{22}\ y^2 - 2a_1x + 2a_2y \qquad (6)$$

Suportul este o conică.

Discriminantul $\left(\Delta = a_{11} \cdot a_{22} - a_{12}^2 = -1 - \frac{1}{4} = -\frac{5}{4}\right)$ fiind negativ, suportul este o hiperbolă.

Centrul este intersecția dreptelor

$$a_{11} \cdot x + a_{12} \cdot y + a_1 = 0 \ \cdot \ = x - \frac{1}{2} \cdot y - \frac{1}{2}\,;$$

$$a_{12} \cdot x + a_{22} \cdot y + a_2 = 0 = -\frac{1}{2} \cdot x - y + \frac{1}{2}\,;$$

Coordonatele centrului sunt : $x_c = +\ 0{,}6\,;\ y_c = +\ 0{,}2$.

Din ecuația (6) variabilele se obțin explicit :

$$y = \frac{1}{2}(1 - x \pm \sqrt{5\ x^2 - 6\ x + 1}) \qquad (7)$$

$$x = \frac{1}{2}(1 + y \pm \sqrt{5\ y^2 - 2y + 1}) \qquad (8)$$

$$\lim \left(\frac{d\ y}{d\ x}\right)_{x \to \infty} = \frac{1}{2}(-1 \pm \sqrt{5}) = +\ 0{,}618\,;\ -\ 1{,}618$$

dă înclinația asimptotelor. Deoarece $-\frac{1}{0{,}618} = -\ 1{,}618$, $\operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{ctg} \alpha_2$, asimptotele sunt perpendiculare una față de cealaltă, iar hiperbola este echilaterală.

Ecuațiile asimptotelor sunt :

$y_1 = -1{,}618\ x_1 + 1,\ 1708$ și $y_2 = 0{,}618\ x_2 + \ + 0{,}1708$, $\frac{dy}{dx} = 0$ dă valori imaginare — hiperbola nu are tangente orizontale.

$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=0} = +\ 1$ (pentru $y = 0$) și $-\ 2$ (pentru $x = +1$).

La aceste două tangente se adaogă a treia tangentă (verticală) din :

$\frac{dx}{dy} = 0$, pentru punctul ($x_1 = 0{,}2\,;\ y_2 = 0{,}4$).

(Punctul celălalt cu tangenta verticală $x = 1\,;\ y_2 = 0$ nu interesează, întrucât aparține ramurei neutilizate a hiperbolei).

Asimptotele dau axele principale, iar ecuația față de axele principale :

$$\frac{5}{2} \cdot \sqrt{5}\ x^2 - \frac{5}{2}\sqrt{5}\ y^2 = 1$$

dă axele principale : $a = b = \sqrt{2} \cdot \frac{1}{5} \cdot \sqrt{5}$; $e = \sqrt{2} \cdot a = 2 \cdot \frac{1}{5} \cdot \sqrt[4]{5}$.

Datele obținute (centrul, asimptotele, axele principale, 3 puncte cu 3 tangente deosebite) pot servi la construcția cât mai exactă a suportului la scară mare (luându-se ca unitate de exemplu 50 cm).

Teoretic, toate determinările făcute, relativ la suportul hiperbolic nu sunt strict necesare, întrucât ecuațiile parametrice furnizează atât suportul cât și scara (gradația) de ex. pentru $W\% = 50\%$, $w = \frac{W\%}{100} = 0{,}5$ se obține :

$$x_3 = \frac{w(1-w)}{w(1-w)+1} = \frac{0{,}5 \cdot (1-0{,}5)}{0{,}5\,(1-0{,}5)+1} = 0{,}2$$

$$y_3 = \frac{w}{w(1-w)+1} = \frac{0{,}5}{0{,}5 \cdot (1-0{,}5)+1} = 0{,}4.$$

Aceasta este punctul de pe hiperbola (6) cu tangenta verticală, ceeace se poate verifica din ecuațiile (7), (8).

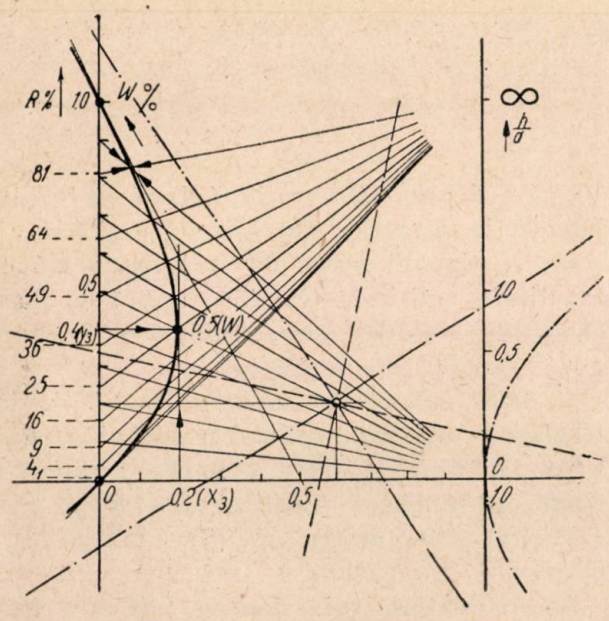


Fig. 1. Suportul curb.

Fig. 1 arată suportul curb ca porțiunea între punctele (0,0) și (0,1) ale hiperbolei cu ecuațiunea (6) :

Scara suportului pentru variabila v (dreapta $x=1$) se determină din :

$$y_2 = \frac{1}{1+2v} \text{ (din ecuația Soreau)} = \frac{1}{1+2\frac{1}{2\,h/d}}$$

$$\text{[din substituția făcută în ecuația (4)]} = \frac{h/d}{1+h/d}$$

De ex. : $h/d = 0$ $h/d = 0{,}5$ $h/d = 1$ $h/d = \infty$

$y_2 = 0$ $y_2 = 0{,}3$ $y_2 = 0{,}5$ $y_2 = 1$

Avându-se scara pentru v, din discuția ecuațiilor (1) și (2) rezultă alte 2 metode pentru determinarea gradației suportului curb.

1. Pentru $h/d = 0$, $W\% = R\%$, drepte trasate între punctul (1,0) și $R\%$ la intersecția cu hiperbola dau $W\% = R\%$.

2. Pentru $h/d = \infty$, $W\% = 10 \cdot \sqrt{R\%}$, drepte trasate între punctul (1,1) și $R\% = \frac{1}{100} \cdot W\%^2$, la intersecția cu hiperbola sau $W\%$ (de ex. pentru $W\% = 90\%$, dreapta între (1,1) și $\frac{1}{100} \cdot 90^2 = 81$ dă $W\% = 90 \cdot \%$).

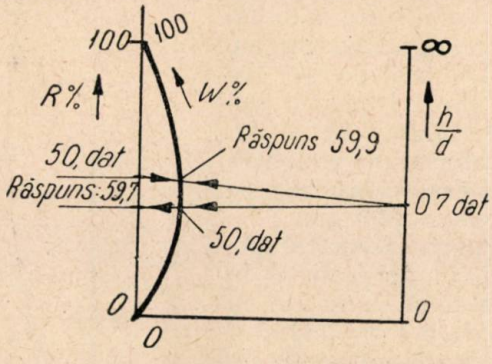


Fig. 2. Modul de întrebuințare pentru nomograma $R\% = f(W\%)$.
Exemplul 1 :
Dat : $h/d = 0{,}7$, $R\% = 50$.
Răspuns : $W\% = 59{,}9\%$.
Exemplul 2 :
Dat : $h/d = 0{,}7$, $W\% = 50$
Răspuns : $R\% = 39{,}7$.

Intersecția (dreptelor de sub 1 cu dreptele de sub 2) dă suportul curb (hiperbolă), împreună cu scara — la fel ca și ecuațiile parametrice.

Prin urmare, fiecare punct de pe scara pentru variabila w poate fi obținut și verificat prin 4 metode.

a) prin calcul, din ecuațiile parametrice ;

b) constructiv, ca intersecția dreptelor de sub punctele 1 și 2 ;

c) din hiperbola (calculată din ecuația (6) sau construită din asimptotele, punctul (0,0), tangentele, etc) la intersecția cu dreptele de sub punctul 1 ;

d) din hiperbola, la intersecția cu dreptele de sub punctul 2.

Utilizarea nomogramei.

Nomograma cu punctele aliniate pentru ecuațiile (1) și (2), obținută astfel, se folosește în felul indicat în fig. 2.

Pentru folosirea practică nomograma din fig. 1 a fost transformată :

Dimensiunile unui număr mare de diferite tipuri de transformatori, bobine de inducție și relee (întâlnite în practică, foarte des sau mai rar) arată că intervalul util pentru h/d este între 0,20 și 1,20.

Este de dorit ca nomograma să încapă în formatul A4 sau A3, cu utilizarea optimală a

spațiului disponibil, pentru a se obține maximul de exactitate practică, posibilă în formatul respectiv.

Transformarea proiectivă a scării h/d ar fi laborioasă. Se poate evita, luându-se unitatea pentru nomograma originală astfel, ca intervalul util din scara h/d să fie potrivit pentru formatul ales.

Luându-se unitatea (adică distanța între suporții drepți, intervalul între $R\% = 0$ și $R\% = 100$ și intervalul între $h/d=0$ și $h/d= \infty$) egală cu 500 mm, intervalul util devine 190 mm — potrivit pentru ambele formate, A4 și A3.

Transformarea proiectivă a nomogramei originale cu unitatea = 500 mm.

1. Pentru formatul A3 : cu centrul de proiecție în punctul depe scara h/d, cu cota $h/d=0{,}4$ ($y=142{,}8571$ mm), cu distanța între suporții drepți = 150 mm (= intervalul între $R\%=0$ și $R\% = 100$).

2. Pentru formatul A3 : cu centrul de proiecție în punctul depe scara h/d, cu cota $h/d = 0$, i ($y=50$ mm), cu distanța între suporții drepți = 250 mm (=intervalul între $R\%= 0$ și $R\% = 100$, dă nomogramele prezentate în fig. 3 (pentru A3) și fig. 4 (pentru A4).

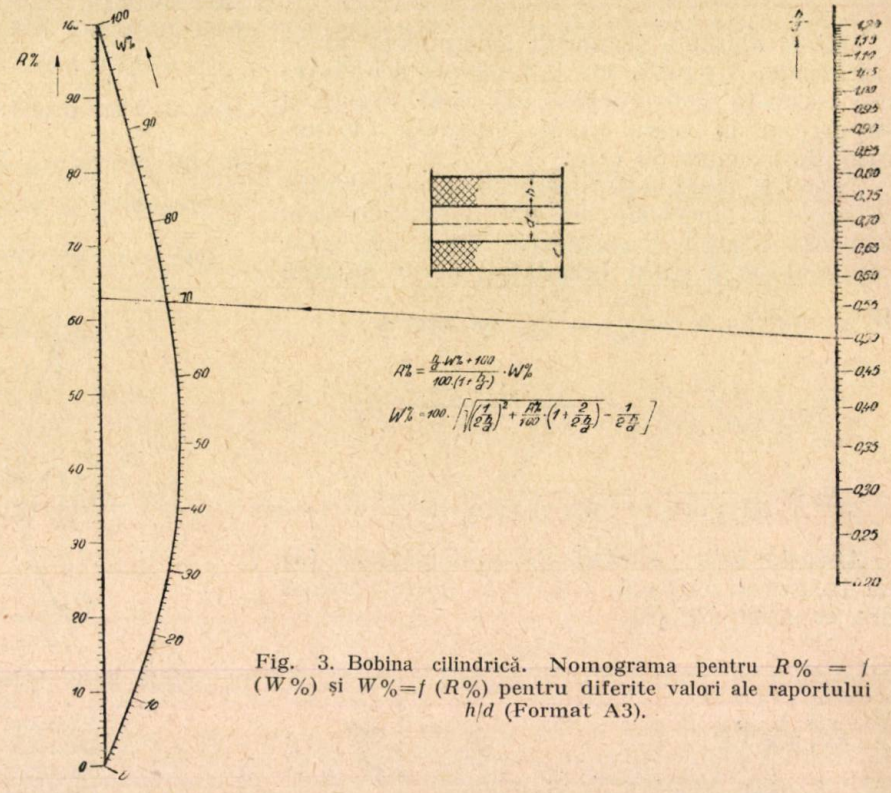


Fig. 3. Bobina cilindrică. Nomograma pentru $R\% = f(W\%)$ și $W\%=f(R\%)$ pentru diferite valori ale raportului h/d (Format A3).

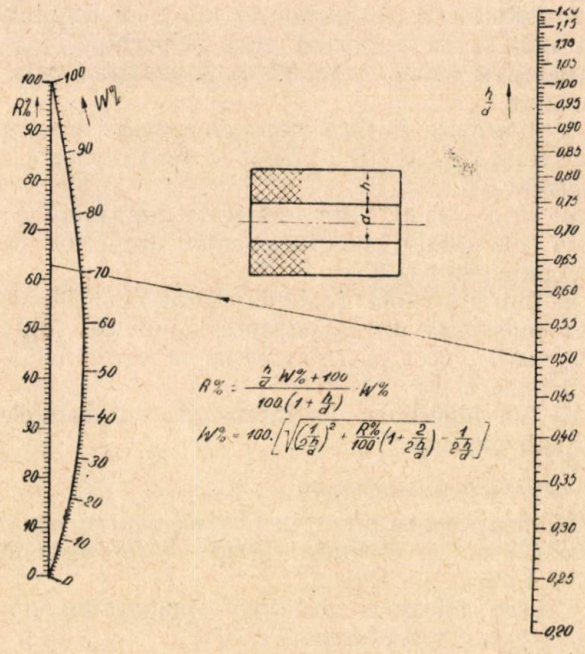


Fig. 4. Bobina cilindrică. Nomograma pentru $R\% = f(W\%)$ și $W\%=f(R\%)$ pentru diferite valori ale raportului h/d (Format A4).

Transformarea scării suportului curb se face după regulele cunoscute ale geometriei descriptive, însă cel puțin 19 puncte ($W^0/_0=5$, 10, 15...85, 90, 95) se verifică după metoda cu intersecția dreptelor din $h/d = 0$ și $h/d= \infty$ care — singură poate da întreaga scară cu exactitate suficientă (când se aplică cu meticulozitate) deoarece este aplicabilă direct, după orice transformare proiectivă.

In acest caz, nici nu mai este nevoie de nomograma originală, trebue respectată numai legea că distanța între suporții drepți este egală cu lungimea scării pentru $R\%$.

Poziția scării pentru $R\%$ (în direcția verticală) este indiferentă.

Se evidențiază prin aceasta valoarea analizei interdependențelor pentru cazurile limită cât și eleganța și superioritatea metodelor proiective față de calculul mecanic cu ecuațiile parametrice.

Automatele, matrițele complicate, etc. sunt scumpe și rentabile numai atunci când numărul pieselor de confecționat justifică investițiile.

La fel stau lucrurile cu metodele de calcul arătate în articolul „Contribuția la geometria bobinelor", apărut în Nr. 6 al prezentei reviste și cu nomograma arătată mai sus. Proiectarea nomogramelor necesită muncă specializată, care însă va fi cu prisosință recuperată prin economii de timp la un personal de înaltă califi-

care, în urma posibilității de a se folosi un personal mai puțin calificat, prin economii de material și îmbunătățirea calității produselor (ferestre mai mici, cu dispersiune redusă) — atunci, când aplicarea lor va fi generalizată.

Bibliografie

[1] *Martinov B. C.*: Proiectarea aparatajului telefonic. Gosenergoizdat, Moscova 1949.

[2] *Avramescu A.*: Construcția și utilizarea nomogramelor, Bul. Soc. Politehnice 61 (1948), 416 pag. 89—134.

[3] *Pentcovschi H. V.*: Nomografia (Traducere din limba rusă, pag. 85). Editura Tehnică, 1952.

★

НОМОГРАММА ДЛЯ РАССЧЕТА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КАТУШЕК

Резюме

Предлагается новая номограмма для численного рассчета основных уравнений цилиндрических катушек, для общего пользования.

METODA RAPIDĂ ȘI ECONOMICĂ DE PROIECTARE A TRANSFORMATORILOR DE PUTERI MICI

Ing. C. ARIÉ

După ce se arată pe scurt dificultățile întâlnite în practica proiectării pentru determinarea lui n_v (numărul de spire) și a lui S_{Fe} (secțiunea miezului de fier) se stabilesc o serie de formule cu ajutorul cărora se poate determina secțiunea optimă și numărul maxim de spire pe volt. Articolul se încheie cu un exemplu pentru o mai bună înțelegere a mersului calculului.

Calculul obișnuit al transformatorilor prezintă neajunsul verificării, după proiectare, a coeficientului de umplere a ferestrei tolei, lucru care cere timp, mai ales că se poate întâmpla ca bobinajul rezultat din calcul să nu încapă, făcând astfel necesară recalcularea transformatorului. Deoarece numărul de spire pe volt n_v este legat de secțiunea miezului de fier S_{Fe} prin relația cunoscută:

$$n_v = \frac{10^8}{4{,}44\, f\, B\, S_{Fe}}$$

rezultă că prin mărirea secțiunii se poate micșora numărul de spire pe volt astfel încât bobinajul să poată fi făcut să încapă în fereastra tolei. Cum pierderile în cupru sunt proporționale cu n_v și cele în fier cu S_{Fe}, o primă condiție de proiectare justă ar fi secțiunea patrată a miezului, care duce la pierderi minime în cupru, lungimea spirelor fiind minimă, iar a doua condiție fiind umplerea totală a ferestrei și deci alegerea numărului maxim posibil de spire pe volt care duce la pierderi minime în fier, secțiunea miezului fiind minimă.

Datorită faptului că numărul de dimensiuni diferite de tole este limitat, nu se poate realiza întotdeauna prima condiție, fiind necesară deci o secțiune dreptunghiulară apropiată, lucru la care nu se poate ajunge ușor decât prin încercări repetate, deoarece metoda obișnuită de calcul nu permite o determinare rapidă și precisă a acestei secțiuni, aceasta fiind legată de numărul de spire pe volt, creșterea uneia provocând scăderea celeilalte, și astfel și a doua condiție este greu de obținut.

Din cele expuse mai sus, se vede deci importanța unei dimensionări juste a lui n_v și S_{Fe}, problema căpătând și un aspect economic.

Se cere deci o metodă care să ducă la determinarea secțiunii optime și a numărului maxim posibil de spire pe volt, metodă care va fi expusă în cele ce urmează.

Astfel cunoscând diametrele sârmelor diferitelor bobinaje, precum și tensiunile pe aceste bobinaje, se poate determina secțiunea totală a cuprului din:

$$S_{cu} = \Sigma\, ns$$

unde n este numărul de spire a bobinajului cu sârma de secțiune s. Ținând seama că suprafața ocupată de spirele bobinajului se obține considerând spațiul umplut de spire cu secțiuni patrate rezultă:

$$S_{bob} = \Sigma\, nd^2$$

d fiind diametrele sârmelor utilizate în diferitele înfășurări.

Dar cum:

$$n = n_v U$$

se obține:

$$S_{bob} = n_v \Sigma\, U d^2$$

Aci, pentru ușurința calculului, trebue să se țină seama că numărul de spire pe volt trebue să fie același pentru tot transformatorul și deci *bobinajele secundarului vor fi calculate pentru tensiunile în gol* cu $1 \ldots 5\%$ (după apreciere) mai mari decât cele în sarcină, aproximând astfel căderile de tensiune în bobinaje.

Notând cu :

$$\alpha = \frac{S_{bob}}{S_{fr}} \quad \text{și} \quad \beta = \frac{S_{fr}}{S_0}$$

S_{fr} fiind suprafața ferestrei tolei, iar S_0 suprafața pachetului de tole, considerând secțiunea miezului patrată.

Astfel α reprezintă coeficientul de umplere al ferestrei, iar β factorul de formă al tolei, același pentru un anumit tip de tole, indiferent de dimensiunea tolei.

Punând :

$$K = \alpha\beta$$

se obține :

$$K = \frac{S_{bob}}{S_0}$$

K putând fi considerat ca reprezentând raportul cupru-fier în ce privește secțiunile la pachetul patrat și deci :

$$S_{bob} = KS_0 = \Sigma Ud^2$$

sau :

$$n_v = \frac{S_0}{\frac{\Sigma Ud^2}{K}}.$$

Deasemenea, ținând seama de formula arătată mai înainte și cum între secțiunea netă a fierului S_{Fe} și cea brută S există relația aproximativă :

$$S_{Fe} = 0{,}9\ S$$

se obține :

$$n_v = \frac{10^8}{4\,f\,B\,S}$$

Notând cu :

$$X = \frac{10^8}{4\,f\,B} \quad \text{și} \quad Y = \frac{\Sigma Ud^2}{K}10^{-2}$$

X fiind factorul principal, sau electromagnetic, de proiectare și Y cel auxiliar, sau constructiv, al transformatorului, se obține dubla egalitate :

$$n_v = \frac{X}{S} = \frac{S_0}{Y}. \qquad (1)$$

Secțiunea patrată ideală necesară miezului fiind pentru :

$$S = S_0 = S_{nec}$$

și deci din relația 1 rezultă :

$$S_{nec} = \sqrt{XY}. \qquad (2)$$

Cu ajutorul relației 2 se va căuta între tolele existente, tola al cărui pachet patrat să aibă secțiunea S_0 cea mai apropiată de S_{nec}, obținând apoi cu ajutorul relațiilor 1 secțiunea brută reală pentru această tolă :

$$S = \frac{XY}{S_0} = \frac{S^2_{nec}}{S_0}$$

suprafața ideală necesară fiind media geometrică între secțiunea patrată a tolei și secțiunea reală necesară a transformatorului. Astfel poate fi determinată înălțimea necesară h a pachetului de tole din :

$$h = \frac{S}{b}$$

b fiind lățimea miezului tolei.

Deasemenea numărul necesar de spire pe volt se obține tot din relațiile 1 :

$$n_v = \frac{X}{S}.$$

In felul acesta s'au determinat cele două necunoscute : S și n_v, care duc la rezolvarea economică justă a transformatorilor.

Se poate arăta cu ajutorul relației 2 că secțiunea necesară a fierului depinde de puterea necesară ținând seama că :

$$Y = \frac{\Sigma Ud^2}{K}10^{-2} = \frac{\Sigma Us}{K}10^{-2} = \frac{\Sigma UI}{Ki}10^{-2}$$

i fiind densitatea de curent admisă în amperi pe mm².

Punând :

$$\Sigma UI = \gamma P$$

γ fiind un coeficient care depinde de numărue bobinajelor, dacă acestea sunt sau nu activt simultan. Acesta nu este cazul la transformatori de rețea cu mai multe prize în primar sau cu dublă redresare și în general la toți transformatorii care au bobinaje care nu lucrează simultan.

Deasemenea γ mai depinde și de randamentul admis η și poate fi deci exprimat prin :

$$\gamma = \frac{1}{\sigma} + \frac{1}{\eta}$$

η fiind randamentul admis, iar σ un coeficient de simultaneitate mai mic sau cel mult egal cu 1

Din relația 2 se poate deduce :

$$S_{nec} = \sqrt{\frac{G\,P\,10^6}{f\,B\,i}}$$

formulă cunoscută în calculul transformatorilor, iar :

$$G = \frac{\gamma}{4\,K} = 0{,}25\,\frac{\gamma}{\alpha\beta}$$

este un coeficient care, după cum se vede, depinde de numărul bobinajelor active simultan, randamentul transformatorului precum și de coeficientul de umplere și factorul de formă al tolelor întrebuințate.

Pentru o mai bună înțelegere a mersului calculului dăm un exemplu pentru un transformator de rețea cu următoarele date :

Primar : 110, 125 și 220 V.

Secundar : 2 × 400 V cu 0,1 A ; 6,3 V cu 3 A și 4 V cu 1 A.

Tolele puse la dispoziție având factorul de formă $\beta = 0{,}75$ (tole tip Radio Popular) și inducția admisă fiind B = 9000 Gauss.

Puterea aparentă din secundar este :

$$P = 400 \times 0{,}1 + 6{,}3 \times 3 + 4 \times 1 = 63 \text{ VA.}$$

Admițând un randament $\eta = 0{,}8$, puterea necesară va fi :

$$P_{nec} = \frac{63}{0{,}8} = 79 \text{ VA.}$$

Curentul în primar fiind :

0,72 A la 110 V ; 0,63 A la 125 V și 0,36 A la 220 V.

Admițând o densitate de curent $i = 2{,}5 \ldots 3$ A/mm², se aleg diametrele de sârmă :

Primar : 0,6 mm pentru 0...110 V ; 0,6 mm pentru 110...125 V și 0,45 mm pentru 125... 220 V.

Secundar : 0,2 mm pentru 2 × 400 V ; 1,2 mm pentru 6,3 V și 0,7 mm pentru 4 V.

Deasemenea, din cauza căderilor de tensiune în bobinajele secundarului, tensiunile în gol în aceste bobinaje se vor lua :

$$2 \times 420 \text{ V} ; 7{,}4 \text{ V} ; 4{,}2 \text{ V.}$$

Considerând că bobinajul va trebui să ocupe aproximativ 0,5 din înălțime și 0,9 din lungimea ferestrei, coeficientul de umplere va fi $\alpha = 0{,}45$.

Cu datele de mai sus se obține :

$$\Sigma Ud^2 = 125 \times 0{,}6^2 + 95 \times 0{,}45^2 + 2 \times 420 \times \times 0{,}2^2 + 7{,}4 \times 1{,}2^2 + 4{,}2 \times 0{,}7^2 = 110{,}46 \text{ V mm}^2$$

și deci :

$$Y = \frac{110{,}46}{0{,}45} 10^{-2} = 2{,}46 \text{V cm}^2\text{/sp.}$$

$$X = \frac{10^8}{4 \times 50 \times 9000} = 55{,}6 \text{ sp cm}^2\text{/V.}$$

Secțiunea ideală necesară fiind :

$$S_{nec} = \sqrt{55{,}6 \times 2{,}46} = 11{,}7 \text{ cm}^2$$

tola cea mai apropiată fiind *E* 16 cu $S_0 = 10{,}2$ cm² și deci secțiunea reală necesară a pachetului va fi :

$$S = \frac{11{,}7^2}{10{,}2} = 13{,}4 \text{ cm}^2$$

și înălțimea pachetului :

$$h = \frac{13{,}4}{3{,}2} = 4{,}2 \text{ cm}$$

iar numărul de spire pe volt :

$$n_v = \frac{55{,}6}{13{,}4} = 4{,}15 \text{ sp/V.}$$

Numărul de spire pe diferitele bobinaje fiind :

Primar : (110+15) 4,15 = (456+62) sp., 95 × 4,15 = 394 sp.

Secundar : 2 × 420 × 4,15 = 2 × 1740 sp ; 7,4 × 4,15 = 31 sp și 4,2 × 4,15 = 17 sp.

In modul arătat mai sus, se poate calcula orice transformator de putere mică, cu condiția să se aprecieze cu suficientă aproximație randamentul, căderile de tensiune în secundar și coeficientul de umplere, acesta din urmă depinzând de nevoile izolamentului.

★

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ И БЫСТРЫЙ МЕТОД ПРОЭКТИРОВАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Резюме

После краткого описания трудностей встречающихся в практике проэктирования при определении n_v (число витков) и S_{Fe} (сечение железного сердечника) устанавливаю ся ряд формул с помощью которых можно определить оптимальное сечение и максимальное число витков на вольт.

Статья заканчивается примером для лучшего понимания хода рассчета.

PE MARGINEA ARTICOLULUI „DESCĂRCĂTORII TUBULARI" DE ING. A. POPA

Ing. D. MARC

Articolul atinge o problemă din cele mai actuale arătând necesitatea folosirii descărcătorilor tubulari.

Complectările de mai jos se referă la pct. VII — „Experiența de exploatare", VIII — „Utilizare" și IX — „Descrierea câtorva tipuri".

Materialul bibliografic publicat în U.R.S.S., în privința exploatării descărcătorilor tubulari, arată într'adevăr o scădere foarte simțitoare a defectării produse de supratensiuni în prima perioadă a folosirii lor, însă supraaprecierea calităților descărcătorilor tubulari poate mări numărul de defecte pricinuite de însăși descărcători.

Așa cum e precizat că în cazul densității mari a complectelor pe kilometru de linie, numărul declanșărilor crește din cauza defectării descărcătorilor (Rabocii Energhetic Nr. 12/1952).

Trebue arătat deasemenea că folosirea descărcătorilor tubulari pe linii cu reanclanșare automată dă efect foarte bun (Trudânaucino Tehnicesco Sesio po perenapriajeniom 1950).

Prescripțiile sovietice prevăd la substațiile de 110...35 kV scheme de protecție combinate în care descărcătorul tubular are doar rolul să preîntâmpine venirea în substație a undelor de amplitudine ridicată.

Tipul PTO — din plexiglass, deși are avantajul că nu necesită relăcuire periodică, nu se mai fabrică din cauza caracteristicilor mecanice foarte scăzute (procent foarte ridicat de spargere în timpul lucrului).

Tipul PTV, care se mai fabrică la tensiune de 7...35 kV, nu necesită lăcuire în exploatare și — deși deocamdată încă sunt puține date statistice asupra lor — se pare că în viitor vor cuceri întâietate.

Mai trebue remarcat că nu de mult a apărut o perfecționare a descărcătorilor tubulari, propusă de docent M. M. Necrasov, candidat în științe tehnice (Institutul Politehnic din Chiev), care se rezumă la aplicarea unei supape cu arc la capătul de eșapare al descărcătorului. Supapa micșorează mult limita inferioară de stingere a arcului și permite folosirea descărcătorilor cu diametrul interior mai mare, care la rândul lui mărește limita superioară a curenților pe care îi stinge descărcătorul. Asemenea descărcători în momentul de față sunt montați în unele sisteme energetice ale Uniunii Sovietice pentru verificarea comportărilor în practică.

NOTE

INTRERUPĂTOR AUTOMAT, TRIFAZIC, CU PROTECȚIE CONTRA SUPRAINTENSITĂȚII ȘI CU DISPOZITIV DE RECONECTARE AUTOMATĂ, REPETATĂ, A MOTOARELOR IN SCURTCIRCUIT, IN CAZUL INTRERUPERILOR DE ALIMENTARE

Inovația tehnicianului Repețeanu Alexandru

Ing. G. BRENNER

Asigurarea funcționării continue a instalațiilor de producție din industria petroliferă este una din condițiile esențiale de a căror îndeplinire depinde realizarea planului.

Intreruperi scurte în alimentarea cu energie electrică a liniilor de mare tensiune (60 000 V, 25 000 V), provocate, fie prin efectul supratensiunilor atmosferice, fie prin alte defecte ale sistemului energetic în ansamblu (uzină, liniestație de transformare), au ca urmare în multe cazuri întreruperi de câteva ore în funcționarea instalațiilor de pompe de adâncime, acționate cu motoare electrice, din cauza repornirii lor prin intervenția manuală a personalului de deservire. Intr'adevăr multe din aceste sonde în majoritatea șantierelor petrolifere sunt situate în puncte izolate, uneori greu accesibile și la distanțe considerabile de centrul lor de control (parc de separatoare), iar sondorul respectiv are sub supravegherea lui uneori 4...6 sonde în pompă. Se întâmplă deci, în cazurile arătate mai sus, ca unele sonde să stea din producție, chiar după revenirea tensiunii de alimentare, un timp considerabil (1...2 ore) până la sosirea sondorului care trebue să manevreze întrerupătorul automat

declanşat din lipsă sau scădere de tensiune. Acest fapt implică, pe lângă pierderea respectivă de producţie (care şi ea, însumată pe schelă, este destul de remarcabilă) şi periclitarea pompei de fund prin atacul corosiv al apei sărate din ţiţei, care nefiind în mişcare, îşi poate exercita efectul dăunător cu mai multă eficacitate.

Pentru remedierea acestui neajuns şi pentru aplicarea practică imediată la acţionarea electrică a pompelor de adâncime, a fost desvoltat un nou tip de întrerupător automat, care combină protecţia maximală a tipului uzual de întrerupătoare automate, trifazice, de 1 000 V (500 V), folosind schema lor principială, cu un nou dispozitiv de reconectare automată, declanşat prin revenirea tensiunii pe reţea. Automatul descris mai jos conform schemei de conexiuni reproduse, a fost conceput în funcţie de îndeplinirea următoarelor condiţiuni principale :

1. Păstrarea formei şi dimensiunilor aproximative ale tipului uzual de automat.

2. Protecţia contra supraintensităţii prin două relee termice şi două relee electromagnetice de scurt circuit, conform schemei automatului actualmente în uz.

3. Protecţia contra căderii de tensiune prin menţinerea dispozitivului de bobină de tensiune nulă.

4. Conectarea manuală la reţea prin punerea sub tensiune a unui circuit auxiliar de 110 V, care acţionează releul termic de timp cu ajutorul unui întrerupător capsulat, bipolar sau cu butoane de comandă. Deci renunţarea la roata de manevră a tipului uzual.

5. Reconectarea automată, repetată a întreruperii funcţionării din lipsă de tensiune, prin intermediul aceluiaşi releu termic de timp.

6. Blocarea automatului pentru reanclanşări în cazul scoaterei lui din funcţiune, datorită unei supraintensităţi, sesizate de unul din releele electromagnetice sau termice maximale.

Deci protejarea asigurată a motorului electric supus unei suprasarcini accidentale sau unor supraintensităţi provenite din alte motive, contra reanclanşării repetate, care ar duce la distrugerea lui.

7. Semnalizarea acustică prin claxon electric, a personalului de deservire în cazul declanşărilor datorite supraintensităţilor urmate de blocarea automatului.

Reconectarea întrerupătorului automat în acest caz nu se poate face, decât manual şi numai după deblocarea lui de către un electrician de meserie.

8. Alimentarea sondei cu energie electrică pentru iluminat (110 V), se face tot cu ajutorul transformatorului monofazic 1 000/110 V de 1 kVA, care se foloseşte pentru alimentarea circuitului auxiliar al releelor de conectare şi al bobinei de zero.

Astfel se scuteşte montarea unei linii separate de 110 V pentru iluminatul sondei, precum şi transformatorul obişnuit de tensiune (1 000/110 Volţi) al întrerupătorului automat.

9. Folosirea întrerupătorului cu reconectare automată la o serie de sonde recordate la aceeaşi linie de alimentare, adică alimentate din aceeaşi staţie de transformare respectiv la totalitatea sondelor în pompaj dintr'un şantier petrolifer, este rezolvată prin reglarea perioadei de timp între momentul apariţiei tensiunii şi momentul reanclanşării automatului, perioadă care este eşalonată progresiv dela capul liniei la capătul ei final prin ajustarea corespunzătoare a releelor termice de timp (Bi).

Decalajul în timp al pornirii motoarelor de pe aceeaşi linie de alimentare cuprinde intervale dela 5...15 secunde, în funcţie de numărul de unităţi racordate.

10. Menţinerea execuţiei aparatului în condiţiuni care satisfac prevederile „Regulamentului minier" şi ale „Normelor de tehnica securităţii" în vigoare.

Deci scufundarea aparaturii de 1 000 V sub ulei.

DESCRIEREA SUMARĂ A SCHEMEI DE CONEXIUNI

In schema de conexiuni reprodusă se disting următoarele circuite :

a. Circuitul principal de 1 000 V (sau 500 V) care realizează racordarea motorului electric la reţeaua trifazică de alimentare prin intermediul întrerupătorului automat (puntea „*P*") comandat de circuitul auxiliar.

b. Circuitul auxiliar de anclanşare (fie normală fie automată) reprezentat prin transformatorul monofazic de 1 000/110 V, 1 kVA (Tr. 1) care, prin două întrerupătoare simple, alimentează atât circuitul de anclanşare cât şi instalaţia de lumină a sondei, primul circuit fiind prevăzut cu câteva aparate şi relee, a căror funcţionare va fi descrisă mai jos.

c. Circuitul de protecţie contra supraintensităţilor, caracterizat prin prezenţa a două relee electromagnetice şi relee termice de tip uzual.

d. Circuitul de semnalizare acustică, comandat de releul B. Cl.

Punerea în funcţiune a întrerupătorului automat se face prima dată în mod manual prin manevrarea întrerupătorului I bl. 2, care stabileşte alimentarea transformatorului de joasă tensiune 110/6 V — tip sonerie (Tr. 2). Totodată şi releul B. cl. atrage armătura sa şi împiedică astfel alimentarea bobinei claxonului electric Cl, pentru a elimina intrarea în acţiune a claxonului în perioada de anclanşare normală a sistemului nostru la reţea.

Transformatorul Tr 2 alimentează prin înfăşurarea lui secundară releul termic Bi, care în funcţie de distanţa reglabilă între contactele K şi limba bimetalică — închide abia după o perioadă de timp stabilită în prealabil, cu scopul de a provoca prin această întârziere anticipată, o eşalonare în timp a diferitelor reconectări automate ale consumatorilor racordaţi la aceiaşi linie de alimentare. Această întârziere va fi reglată progresiv dela consumator la consumator, pornind dela capul

alimentat al liniei până la capul ei final. Timpul de întârziere, adică perioada de eşalonare a reanclanşărilor automate va fi de ales astfel, încât vârful de intensitate la repornirea primului motor să fie atenuat, înainte de a apare vârful de intensitate la repornirea motorului următor, practic deci peste circa 5...15 secunde.

In acest fel simultaneitatea vârfurilor de şoc, care s'ar fi manifestat în cazul aplicării întrerupătorului descris la un număr de motoare racordate la acelaşi feeder şi care ar fi periclitat prin amplitudinea vârfului însumat continuitatea alimentării, chiar la instalaţiile şi liniile de înaltă tensiune, este transformată într'o succesiune de vârfuri individuale, suficient decalate în timp, care nu mai afectează dispozitivele de protecţie ale sistemului de înaltă tensiune.

Inchiderea circuitului principal de 1000 V se face prin intermediul bobinei de zero, alimentată prin acţiunea contactului termic Bi, iar bobina de zero la rândul ei provoacă anclanşarea releului electromagnetic R.M.1 şi a punţii trifazice P.

Motorul racordat la reţea porneşte.

La orice declanşare provocată printr'o întrerupere de alimentare, fie în sistemul energetic de înaltă tensiune, fie pe liniile de alimentare, de 1 000 V sau 500 V (cădere sau lipsă de tensiune), bobina de zero va declanşa instantaneu şi după ea şi releul R.M.1 şi motorul se va opri.

La revenirea tensiunii pe reţea, transformatorul Tr. 2 descris mai sus, este imediat alimentat, întrucât întrerupătorul I bl. 2 a rămas în circuit şi astfel jocul de anclanşări automate ale releelor, schiţat mai sus, se repetă şi motorul se reconectează automat la reţea, iar pompa de adâncime începe să funcţioneze din nou.

In cazul întreruperilor în funcţionare provocate prin supraintensităţi (scurt circuit sau supra sarcini), intră în acţiune releele de protecţie RM.2 sau R.Bi care, după cum reiese din schemă, întrerup circuitul bobinei de zero. Aceasta declanşează şi oprind motorul, îl protejează de efectele destructive ale supraintensităţilor.

Pentru a preveni o nouă reanclanşare automată, care în cazul de mai sus ar putea duce prin repetare la avarierea motorului electric, contactul ml al releului RM. 2 este prevăzut cu un blocaj mecanic, iar releul termic R.Bi se blochează cu ajutorul unui releu auxiliar B. Bl. a cărui bobină este legată în derivaţie cu contactele 5 şi 6 ale bimetalului d.

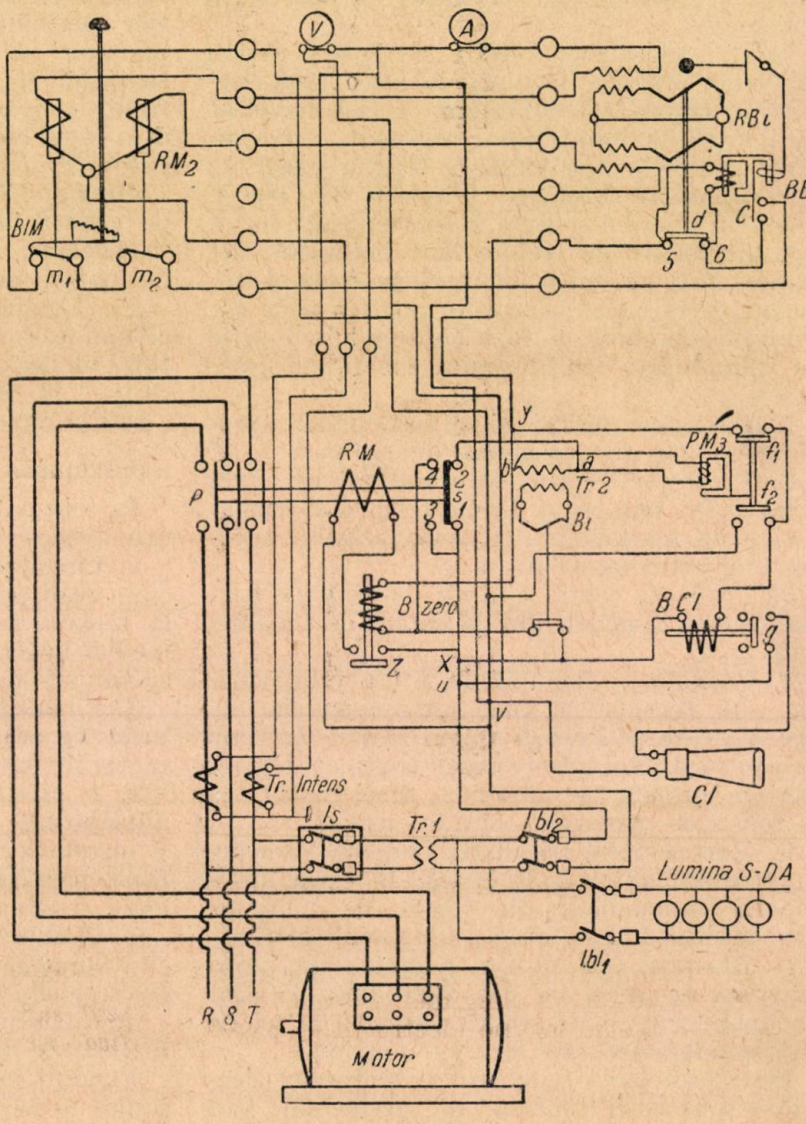


Fig. 1

Astfel declanşarea întrerupătorului automat în urma supraintensităţilor este definitivă până la sosirea personalului de specialitate care va cerceta cazul, va înlătura cauza declanşării şi va debloca întrerupătorul automat.

După cum se poate urmări uşor în schema de conexiuni, claxonul electric intră în acţiune numai în cazul declanşării întrerupătorului automat din cauza supraintensităţilor, pentru a avertiza personalul de întreţinere (sondorii) de oprirea definitivă a instalaţiei prin autoblocaj.

CONCLUZII

Intrerupătorul automat, descris mai sus, îndeplineşte toate condiţiunile arătate la început. El a fost experimentat sub o formă mai

simplă, prin aplicarea unui dispozitiv suplimentar la un automat de tip uzual, la o sondă unde a funcționat 2 ani în bune condiții. Pentru utilizarea pe scară largă și generalizarea lui, fabricile de aparataj electric trebue să studieze fabricarea unui prototip care va putea fi folosit în toate șantierele petrolifere pentru instalațiile pompelor de adâncime, ale pompelor de apă dela rafinării sau în alte industrii, acolo unde reconectarea automată la rețea este posibilă, adică unde repornirea motoarelor electrice în scurt circuit nu implică și o serie de manipulări la utilajul mecanic al instalației.

Acest întrerupător automat va înlocui pe cel actualmente folosit în cazurile de mai sus și în alte cazuri similare și prezintă și avantajul de a putea fi ușor adaptat pentru telecomandă precum și transmiterea la distanță a semnalului de alarmă descris mai sus.

Introducerea pe scară largă a întrerupătorului automat recomandat va constitui un pas important înainte pe calea automatizării instalațiilor de exploatare a țițeiului și va contribui în măsură hotărîtoare la evitarea pierderilor de producție provocate prin timpii morți actualmente foarte importanți care caracterizează durata de timp între revenirea tensiunii și repornirea manuală a motoarelor electrice.

INFLUENȚA REZISTENȚEI APARENTE ASUPRA APRINDERII ȘI MENȚINERII ARCULUI DE SUDURĂ

Ing. GH. SUCEVEANU

Se va analiza în primul rând cazul sudării cu o mașină având caracteristica exterioară curbată în jos, urmând ca apoi să se trateze sudarea dela o retea de tensiune constantă, unde caracteristica exterioară este o dreaptă a cărei înclinare variază cu valoarea rezistenței legate în serie în circuitul de sudură.

Pentru a putea analiza influența pe care o are rezistența aparentă la mașinile de curent continuu asupra aprinderii și menținerii arcului de sudură, se impune să vedem mai întâi forma caracteristicii de arc. Prin caracteristică de arc se înțelege curba de variație a tensiunii la extremitățile arcului în funcție de curentul care trece prin el. Forma caracteristicii se schimbă cu natura materialului din care este făcut electrodul și cu lungimea arcului, deci cu distanța la care se ține electrodul de piesa de sudat.

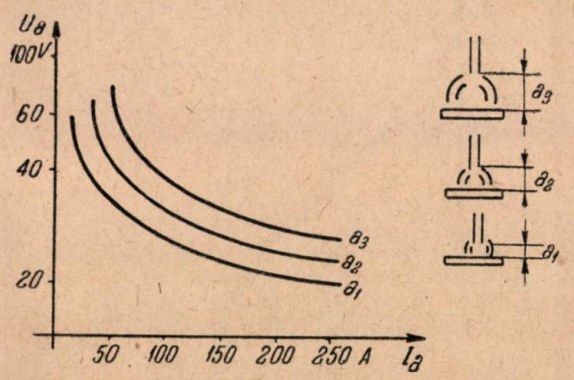


Fig. 1. Caracteristicele arcului pentru electrozi din fier și lungimi de arcuri diferite.

In fig. 1 se văd trei caracteristici pentru trei lungimi de arc diferite (a_1, a_2, a_3).

In literatura tehnică se întâlnesc mai multe relații care dau variația tensiunii la extremitățile arcului în funcție de curent, din toate rezultă însă că tensiunea scade cu creșterea curentului și invers.

Una din aceste relații este :

$$e_b = c_1 + c_2 + l + \frac{c_3 + c_4 l}{I}$$

unde s'a notat :

e_b — tensiunea la capetele arcului ;
I — curentul care trece prin arc ;
c_1 ; c_2 ; c_3 și c_4 sunt constante care pentru electrozii din fier au valorile : $c_1 = 15{,}7$; $c_2 = 2{,}52$; $c_3 = 15{,}9$; $c_4 = 9{,}4$;
l — lungimea arcului.

Cazul sudării cu un generator având caracteristica exterioară curbată în jos.

In planul determinat de axele tensiunii și curentului fig. 2 punctul de funcționare P se găsește la intersecția caracteristicei exterioare a mașinii, determinată de poziția dispozitivului de reglare, cu caracteristica de arc, corespunzătoare distanței la care se ține electrodul de piesa de sudat.

Trebue menționat că distanța la care vrem să ținem electrodul de piesa de sudat, nu este constantă din cauza conducerii nesigure a electrodului, neomogenității acestuia și a piesei de sudat, acțiunii pungilor cu aer și mărimii diferite a picăturilor prin care materialul se scurge dela electrod la piesa de sudat.

Distanțele maximă și minimă a electrodului determină două caracteristici de arc a_1 și a_2 care încadrează caracteristica necesară a. In timpul sudării punctul P se va deplasa dealungul caracteristicei dinamice între cele două puncte P_1 și P_2 care se obțin prin intersecția acestuia cu caracteristicile de arc limită.

Picăturile de metal topit care se scurg dela electrod la piesă provoacă scurtcircuite a căror frecvență este egală cu frecvența căderii picăturilor (circa 50/s).

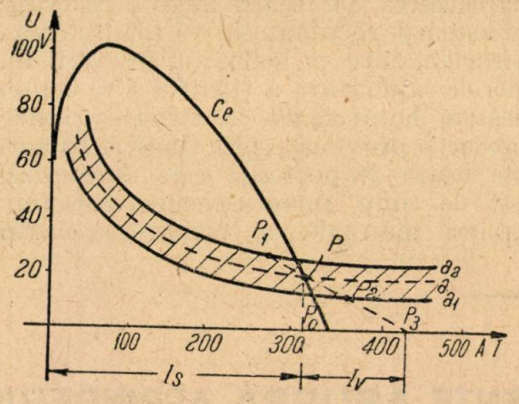


Fig. 2. Punctul de funcționare în cazul unui generator de curent continuu și deplasarea lui în timpul sudurii.

Timpul scurt în care se produce fenomenul face ca variația tensiunii în funcție de curent să se producă dealungul caracteristicei dinamice care intersectează axa curenților în P_3. Valoarea vârfului de curent I_v este determinată de punctele P_0 și P_3. Mărimea raportului:

$$\frac{P_0 - P_3}{O - P_0} = \frac{I_v}{I_s} = \frac{\text{vârful de curent}}{\text{curentul de sudură}}$$

este important, deoarece o valoare prea mare a acestui raport, adică o valoare prea mare a vârfului de curent, produce explodarea pungilor de aer care atrage după sine o trecere neregulată a materialului însoțită de un sgomot al arcului. Se spune că mașina lucrează „dur".

Aprinderea arcului.

Se va urmări mai întâi fenomenul la scurtcircuitarea mașinii dela mers în gol și invers și apoi se va vedea cum se produce aprinderea.

a In fig. 3 s'a luat cazul a două mașini de sudură, prima având caracteristica dinamică mai puțin înclinată, adică panta dinamică mai mică, decât cea de a doua.

Se presupune că prima mașină merge în gol. Punctul de funcționare se găsește pe caracteristica statică în 1 (fig. 3) unde avem tensiunea în gol statică U_{0s}. Scurtcircuitând mașina, punctul de funcționare se deplasează dealungul caracteristicei dinamice până în 2 unde se obține curentul de scurtcircuit dinamic I_{sd}. Dacă scurtcircuitul persistă, punctul de funcționare ajunge în 3 pe caracteristica statică, iar curentul ia valoarea I_{ss} a curentului de scurtcircuit de durată. Intrerupem brusc scurtcircuitul. Punctul de funcționare se deplasează dealungul caracteristicei dinamice 3...4. In punctul 4 avem tensiunea în gol dinamică U_{0d}. Insfârșit tensiunea crește până la tensiunea în gol de durată U_{0s}, iar punctul de funcționare ajunge din nou în 1. Trebue remarcată la această mașină curentul de scurtcircuit dinamic este mai mare decât cel static ($I_{sd} > I_{ss}$) adică este un vârf de curent, iar tensiunea de mers în gol dinamică este mai mică decât tensiunea de mers în gol statică ($U_{0d} < U_{cs}$).

La mașina cu panta dinamică mare, scurtcircuitarea și întreruperea scurtcircuitului se produce după conturul 1—2—3—4—1 din fig. 3 *b*. Aici se observă că curentul de scurtcircuit dinamic mai mic ca cel static $I_{sd} < I_{ss}$, iar tensiunea de mers în gol dinamică e mai mare ca cea statică $U_{0d} < U_{cs}$. S'a amintit deja desavantagiile vârfurilor de curent în timpul sudurii, așa că mașina care funcționează după fig. 3 *b* este mai avantajoasă.

b Fig. 4 arată cum se produce aprinderea arcului la o mașină cu pantă dinamică mică (*a*) și una cu pantă dinamică mare (b).

Inainte de a începe sudarea, mașina merge în gol și punctul de funcționare se găsește în 1. Pentru a aprinde arcul se face contact între electrod și piesa de sudat. Punctul de funcționare se deplasează pe caracteristica dinamică până în 2 unde se obține curentul de scurtcircuit dinamic și deoarece electrodul rămâne un timp lipit de piesă, punctul de funcționare ajunge în 3. Acum se îndepărtează electrodul

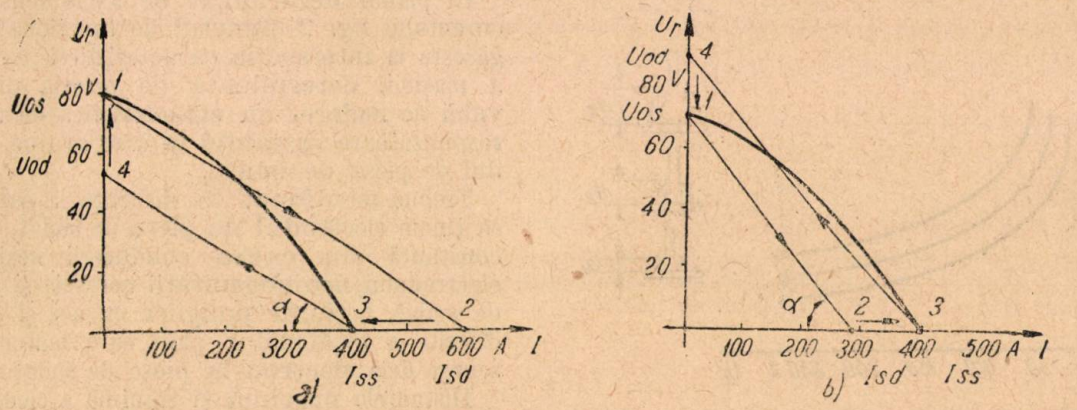
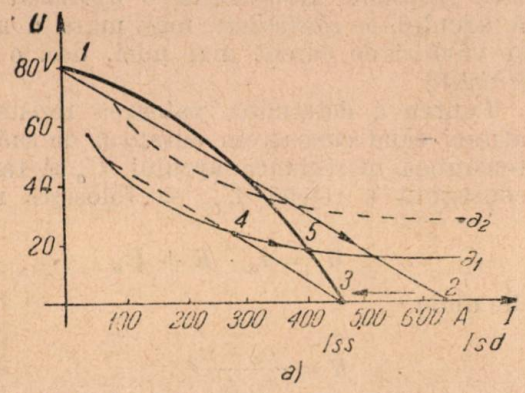


Fig. 3. *a* — Mașină cu panta dinamică mică $I_{sd} > I_{ss}$ $U_{0d} < U_{0s}$; *b* — Mașină cu pantă dinamică mare $I_{sd} < I_{ss}$ $U_{0d} > U_{0s}$

până la o distanță căreia îi corespunde caracteristica de arc a_1. Punctul de funcționare se deplasează din nou pe caracteristica dinamică până în 4 unde aceasta întretaie caracteristica de arc a_1. De aici punctul de funcționare se deplasează pe caracteristica de arc până în



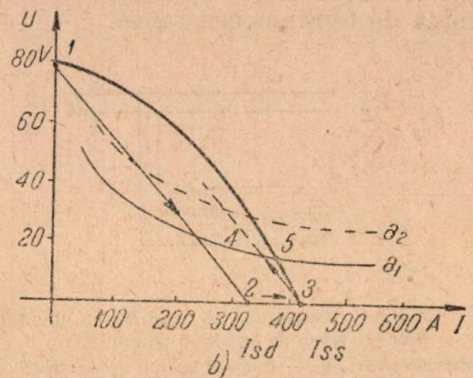


Fig. 4. Aprinderea arcului la două generatoare, unul având panta dinamică mică (*a*) și unul cu pantă dinamică mare (*b*).

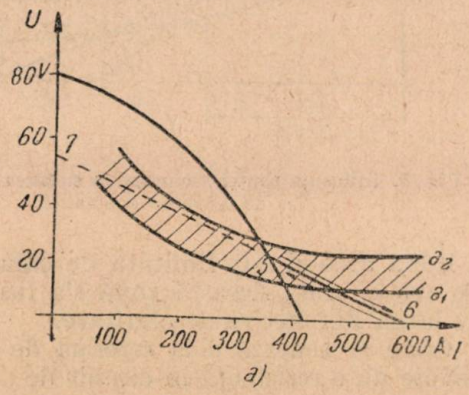
5 unde caracteristica statică a mașinii se întretaie cu caracteristica de arc și care este punctul de lucru.

Se observă că dacă s'ar fi îndepărtat electrodul la o distanță căreia îi corespunde caracteristica de arc a_2, arcul nu s'ar mai fi aprins deoarece caracteristica dinamică 3...4, dealungul căreia se deplasează punctul de funcționare, nu mai întâlnește caracteristica de arc, pe când în cazul fig. 4 *b* unde panta dinamică este mai mare, se va obține totuși aprinderea arcului, deoarece aici se obține intersecție între aceste două caracteristice.

In concluzie o pantă dinamică mare ușurează aprinderea arcului.

Menținerea arcului aprins în timpul sudurii.

După cum s'a menționat mai sus, în timpul sudurii metalul topit se scurge dela electrod



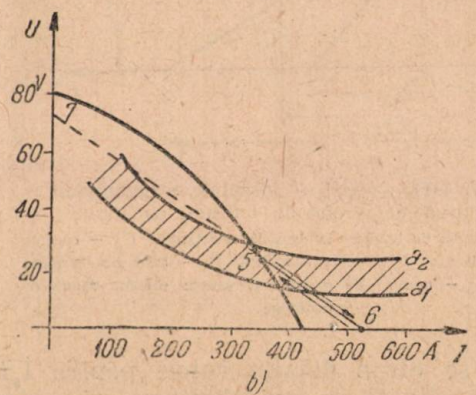


Fig. 5. Menținerea arcului la două generatoare având unul pantă dinamică mică (*a*) și celălalt pantă dinamică mare (*b*).

la piesa de sudat cu o frecvență de 50 picături/s. La trecerea fiecărei picături se produce un scurtcircuit, iar punctul de funcționare se deplasează dealungul caracteristicei dinamice până la 6 unde aceasta intersectează

axa curenților și apoi revine în 5 tot dealungul caracteristicei dinamice.

Dacă în acest timp se îndepărtează electrodul până la o distanță corespunzătoare caracteristicei de arc a_2, vedem că la mașina cu panta mai mică arcul se va stinge, deoarece caracteristica dinamică nu mai intersectează caracteristica de arc, în timp ce la mașina cu panta mare, se obține intersecția între caracteristica dinamică și caracteristica de arc.

Deci și în timpul sudurii mașina care are panta dinamică mai mare se comportă mai bine, deoarece arcul se stinge mai greu chiar dacă electrodul se îndepărtează mai mult de piesa de sudat. Rezultă că în cazul mașinii cu panta dinamică mai mică, sudorul trebue să fie suficient de îndemânatec pentru a ține electrodul cât mai aproape de piesă.

In concluzie o pantă dinamică mare are următoarele avantaje care nu se găsesc la o mașină cu pantă dinamică mică :

a. Aprindere ușoară. Arcul se formează și atunci când se îndepărtează și mai mult electrodul de piesa de sudat.

b. Menținere ușoară a arcului în timpul sudurii, sau în limbajul obișnuit „arc elastic". Dacă în timpul sudurii se îndepărtează electrodul la o distanță mai mare, arcul nu se stinge.

c. Sudură liniștită. Mașina având vârfuri de curent mai mici, nu se produce explodarea

beşicilor de aer, deci nu se produc împroşcături de material. Vârfurile de curent mici reduc posibilităţile de oxidare a materialului depus, deci se obţine o sudură de calitate.

Cazul sudării dela o reţea de tensiune constantă.

In fig. 6 este schema instalaţiei pentru sudare dela o reţea de tensiune constantă.

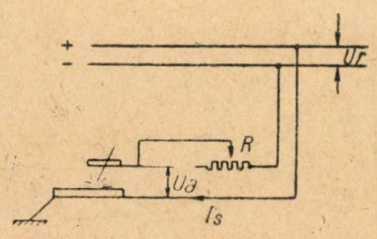


Fig. 6. Schema instalaţiei de sudură alimentată dela o reţea de tensiune constantă.
U_r – tensiunea reţelei; U_a – tensiunea la arc; I_s – curentul de sudură; r – rezistenţa variabilă;

Dând rezistenţei valoarea R_1 şi presupunând că prin circuitul de sudură trece curentul I_s, la bornele ei se va obţine căderea de tensiune $I_s R_1$ pe care scăzând-o din tensiunea reţelei U_r obţinem căderea de tensiune la arc: adică:

$$U_a = U_r - I_s R_1$$

Pentru aceeaşi valoare a rezistenţei R_1 dar pentru diferiţi curenţi de sudură care se obţin îndepărtând mai mult sau mai puţin electrodul

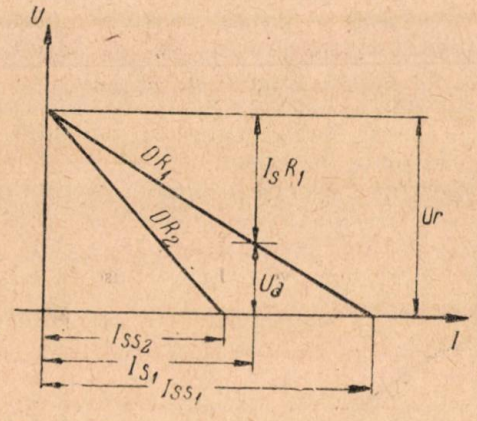


Fig. 7. DR_1 – DR_2 – dreptele rezistenţelor la sudarea dela reţea de tensiune constantă:
$I_s R_1$ – căderea de tensiune la bornele rezistenţei; U_a – căderea detensiune la arc; I_s – curent de sudură; U_r – tensiunea de reţea; I_{ss1}, – $_{ss2}$ – curenţi de scurtcircuit pentru diferite valori de rezistenţă.

de piesă, se obţin diferite valori pentru $I_s R$ care scăzute din U_r ne dau diferite valori pentru U_a. Punctele determinate de aceste valori într'o diagramă $U = f(I)$ se găsesc pe o dreaptă care se numeşte dreapta rezistenţelor. Această dreaptă este cu atât mai înclinată cu cât valoarea rezistenţei R_1 este mai mare.

Oare care din dreptele D_r poate fi socotită drept caracteristică statică a instalaţiei. Atunci când în circuitul de sudură nu sunt inductivităţi, ea este şi caracteristica dinamică a instalaţiei, variaţiile de curent şi tensiune la aprindere şi la scurtcircuitările în timpul sudurii făcându-se după această dreaptă. Ca şi la sudura cu generator de curent continuu şi în cazul sudurii dela reţea *o caracteristică dinamică mai înclinată*, favorizează o *aprindere uşoară* a arcului, *o elasticitate* mai mare a acestuia şi vârfuri de curent mai mici, deci o *sudură liniştită.*

Pentru a determina valoarea rezistenţei R atunci când cunoaştem curentul de sudură I_s, tensiunea în regiunea arcului U_a şi tensiunea constantă a reţelei U_r, se foloseşte relaţia:

$$U_r = I_s \cdot R + U_a$$

de unde:

$$R = \frac{U_r - U_a}{I_s}$$

Curentul de scurtcircuit care ia naştere atunci când, pentru aprindere, facem contact între electrod şi piesa de sudat se obţine din relaţia:

$$I_{ss} = \frac{U_r}{R}$$

In fig. 8 este redat cazul sudării cu un curent de 225 A la 20 V.

Tensiunea constantă a reţelei s'a luat odată de 60 V şi odată de 40 V.

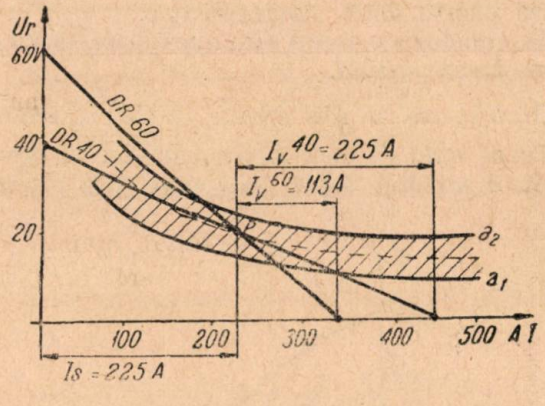


Fig. 8. Influenţa pantei dinamice la sudarea dela reţea de tensiune constantă.

Zona arcului este limitată de caracteristicele de arc a_1 şi a_2. Această zonă s'a luat exagerat de largă din motive de claritate.

Când se sudează dela reţeaua de 60 V, este nevoie de o rezistenţă în circuit de:

$$R_{60} = \frac{60-20}{225} = \frac{40}{225} = 0{,}178 \text{ Ohm.}$$

Curentul la aprindere va fi de $I_{ss\,60} = 60/0{,}178 = 338$ A şi vârful de curent este de $338-225 = 113$ A.

Dacă tensiunea reţelei este de numai 40 V, atunci valoarea rezistenţei este de:

$$R_{40} = \frac{40-20}{225} = \frac{20}{225} = 0{,}089 \text{ Ohm.}$$

Curentul de scurtcircuit este acum de:

$I_{ss\,40} = \frac{40}{0{,}089} = 450$ A şi vârful de curent este de: $450 - 225 = 225$ A.

Se observă deci că pe măsură ce tensiunea reţelei scade, scade şi valoarea rezistenţei R

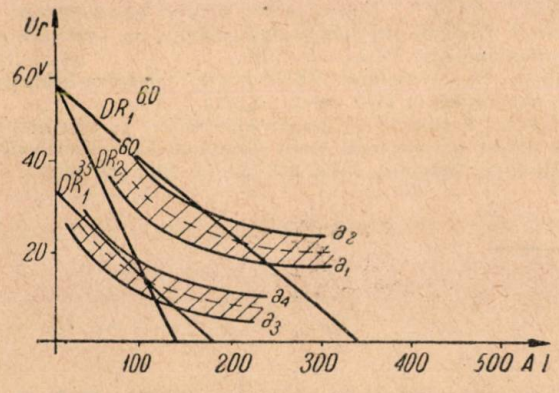


Fig. 9. Creşterea pantei dinamice cu scăderea curentului.

care se intercalează în circuit. Intrucât această rezistenţă reprezintă şi rezistenţa aparentă a circuitului, înseamnă că scade înclinarea caracteristicei dinamice. Vârfurile de curent cresc şi scad calităţile de sudură ale instalaţiei. Se mai observă că dreapta $D_{R\,40}$ nu întâlneşte caracteristica de arc limită superioară a_2, deci în cazul sudării dela o reţea de 40 V se poate întâmpla ca arcul să nu se aprindă la începutul sau să se stingă des în timpul sudurii.

Datorită formei caracteristicei de arc, în regiunea curenţilor mici este nevoie de o pantă dinamică mai mare.

In fig. 9 se vede că dreapta D_{R_1} 60 intersectează ambele caracteristice de arc limită a_1 şi a_2, pe când dreapta D_{R_1} 35 care are aceeaşi înclinare ca prima, nu intersectează caracteristica de arc limită superioară a_4, deci arcul se poate stinge.

Dreapta D_{R_2} 60 taie şi caracteristica de arc a_4. Această dreaptă are însă înclinarea mai mare. Deci cu creşterea curentului de sudură, trebue să crească înclinarea dreptei rezistenţelor.

CONCLUZII

La proiectarea unei maşini de curent continuu pentru sudură se va avea în vedere mai întâi comportarea ei în timpul lucrului, care după câte am văzut este strâns legată de înclinarea caracteristicei dinamice. Deabia în rândul al doilea vine problema randamentului şi preţului de cost care bine înţeles nu trebue trecute cu vederea.

Mai potrivită este maşina care are panta dinamică variabilă şi anume mai mare în regiunea curenţilor de sudură mai mici şi mai mică la curenţi mari, cum s'a amintit mai sus.

Realizarea unei pante dinamice variabile şi suficient de mari nu este o problemă uşor de rezolvat. Deobiceiu maşinile de sudură cu mai multe câmpuri de reglare, au caracteristica dinamică diferit înclinată pentru fiecare câmp.

Se poate întâmpla ca maşina să se comporte bine la sudură dar numai într'un anumit domeniu de reglare şi numai pentru o anumită valoare de curent. O probă de sudură la curentul respectiv ne-ar face să ne înşelăm asupra adevăratelor calităţi ale maşinii. Deaceea este potrivit ca la examinarea unei astfel de maşini, să stabilim caracteristica dinamică pentru fiecare câmp de reglare, pentru cât mai multe puncte şi apoi să o comparăm cu o caracteristică dinamică necesară.

Bibliografie

(1) *Bratcova O. N.*: „Dinamicischii svoistva svarocinovo gheneratora poperecinovo polia". Viipusc 54/2 N.K.M. SSSR 1938.

(2) Maşinostroienie Vol V pag. 274–285.

CĂRŢI NOI INTRATE IN BIBLIOTECA IDT

Manual de electrotehnică. (Electrotehniceskii spravovinik). Moscova-Leningrad, Gosenergoizdat, 1952, 640 p., dif. fig.

TAREEV, B. M.: *Materiale electrotehnice.* (Elektriceskie materiali). Moscova-Leningrad, Gosenergoizdat, 1952, 288 p., 100 fig.

SÎROMIATNIKOV, I. A.: *Regimuri de funcţionare al generatorilor sincroni.* (Regimî rabotî sinhronnîh gheneratorov). Moscova, Gosenergoizdat, 1952, 200 p., div. fig.

PROSCIN, E. A.: *Indrumătorul instalatorului electric.* Montarea liniilor de cablu. (Spravocinik elektromontera. Montaj cabelnîh linii). Moscova, Leningrad, Gosenergoizdat, 1952, 479 p., div. fig.

VORDENBURG, A. K.: *Fabricarea articolelor electrotehnice din mase plastice.* (Proizvodstvo elektrodetaleiiz plastmass). Moscova, Gosenergoizdat, 1952, 96 p. 46 fig.

JDANOV, P. S.: *Stabilitatea sistemelor electrice.* (Traducere din limba rusă). Bucureşti, Edit. Energetică de Stat, 1952, 340 p.

KNORRING, G. M. şi HARCEV, M. K.: *Reţele electrice în ateliere.* (Ţehovîe elektriceskie seti). Moscova, Gosenergoizdat, 1952, 136 p., div. fig.

Amplificatori magnetici. (Magnitnîe usilitili). Moscova, Sovetskoe Radio, 1952, 79 p., 71 fig.

ABRAMOV, B.: *Tuburi electronice de recepţie.* (Date caracteristice). (Priemno-usilitêlnîe lampî). Moscova-Leningrad, Gosenergoizdat, 1952, 24 p., div. fig.

Aparate de măsurat în radiotehnică.(Izmeritelnaia apparatura v radiotehnike). Moscova-Leningrad, Gosenergoizdat, 1952, 80 p., 47 fig., 1 pl.

Receptoarele pentru radioamatori B. N. Hitrov. (Radioliubitelskie prieomniki B. N. Hitrov). Moscova-Leningrad.

SPIJEVSKI, I. I.: *Baterii pentru aparate de radiorecepţie cu lămpi.* (Baterei dlea lampovogo radiopriem konia).Mscova Gosenergoizdat, 1952, 16 p., 3 fig.

Aparate de televiziune. (Televizorî). Moscova-Leningrad, Gosenergoizdat, 1952, 64 p., 32 fig.

Instalaţii şi elemente de teoria automaticei şi telemecanicei. (Ustroistva i elementî teorii abvtomatiki i telemehaniki). Moscova, Maşghiz, 1952, 248 p., 20 fig., ref. bibl.

Cărţi apărute în EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

Traduceri din limba rusă:

S. G. TROIB: Diagrame pentru calculul arderii combustibilului.

I. F. SAPCHIN: Echipamentul auxiliar al secţiilor de maşini din centralele termoelectrice.

V. A. GOLUBŢOV şi P. P. ELIZAROV: Exploatarea instalaţiilor de cazane din centralele electrice (Vol. I şi II).

S. F. RODATIS şi I. S. RUBINOV: Modernizarea cazanelor de abur de mică putere.

V. G. SOCEVANOV: Elemente galvanice.

C. D. COFMAN: Montarea instalaţiilor electrice de forţă.

G. P. TEREZA: Staţiile de încercare ale aparatajului de joasă tensiune la fabricile producătoare.

I. V. LAINER: Galvanotehnica.

* * * Indreptar pentru protecţia prin relee.

N. G. ZALOGHIN şi S. M. SUHER: Epurarea gazelor arse.

V. V. MIHAILOV: Calculul şi construcţia aparatajului de înaltă tensiune.

L. A. MELENTIEV: Termoficarea. Bazele teoretice ale construcţiei şi exploatării sistemelor de termoficare.

P. G. GRUDINSCHI: Exploatarea tehnică a centralelor şi staţiilor electrice.

C. I. GRACIOV: Acumulatorii alcalini.

B. P. TERENTIEV: Alimentarea cu energie electrică a instalaţiilor de radio.

* * * Instalaţiile de turbine ale centralelor electrice.

B. A. POLIACOV: Instalaţii de condensatori pentru ameliorarea factorului de putere.

V. A. CHIRILIN şi A. E. SEINDLIN: Bazele termodinamicei experimentale.

* * * Piese de radio din mase plastice şi ceramice.

B. V. LIAPUNOV: Turbina cu gaze.

V V. CULICOV: Montarea aparatajului de înaltă frecvenţă pentru telecomunicaţii, telemecanică şi protecţie pe liniile de transport de energie electrică.

A. N. SVERCICOV: Repararea lagărelor axiale şi radiale ale turbinelor cu abur.

A. V. SAMOILOV: Vibraţia agregatelor din centralele electrice şi echilibrarea rotorilor.

M. V. LEBEDEV: Iluminatul străzilor în oraşe şi sate.

I. V. CORIŢCHI: Fabricarea materialelor electroizolante din mică.

* * * Raţionalizatori în lucrările de reparaţii ale centralelor electrice din Leningrad.

A. I. VOROBIEV şi O. G. CAŢNELSON: Termobimetalul şi aplicaţiile lui în construcţiile de aparate şi automatizări.

V. S. CONDAHCIAN: Călăuza electricianului dela instalaţiile auxiliare ale centralelor electrice.

* * * Vacuumarea betonului în construcţiile monolite şi la cenfecţionarea prefabricatelor.

A. I. MOSCVITIN: Maşini electrice cu mişcare rectilinie alternativă.

I. A. ZAIŢEV şi A. G. LURIE. Culegere de probleme de electrotehnica teoretică.

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academeiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească, în general, 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeț, pe ambele exemplare.
In mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografi; numărul lor să fie însă numai cel strict necesar înțelegerii textului.
Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9 × 12 cm.
Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, care să cuprindă neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu ce menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și oarte citeț. Indicii să fie scriși mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeț, numele și pronumele complect, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon, spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie, precum și domiciliul și circumscripția financiară pentru a li se putea remite drepturile de autor.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolel r și a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POȘTALE DELA ORAȘE ȘI SATE, PRIN FACTORI POȘTALI, PRIN PROPAGANDIȘTI, PRECUM ȘI LA SECȚIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

Tarif pentru întreprinderi — *LEI 96 anual*

„ pentru muncitori, tehnicieni, ingineri — *LEI 30 „*

AU APĂRUT IN:

EDITURA ENERGETICĂ

L. M. Piotrovschi: **Maşini electrice** (trad. din limba rusă) 788 pag. 65 lei

C. A. Crug: **Bazele electrotehnicii.** vol. II (trad. din limba rusă) . . . . . 508 „ 40 „

I. P. Jerebţov: **Radiotehnica pentru amatori** (trad. din limba rusă) . . . . . 462 „ 19,45 „

V. G. Borisov: **Tânărul radioamator** (trad. din limba rusă) . . . . . 344 „ 11,90 „

P. D. Sveţov: **Repararea, revizia şi exploatarea maşinilor şi turbinelor cu abur** (trad. din limba rusă) 220 „ 11,75 „

I. Simionescu şi B. Feldman: **Indrumător pentru instalatorii electricieni** . . . . . 168 „ 6,55 „

S. D. Clementiev: **Releul fotoelectric şi aplicaţiile lui** (trad. din limba rusă) . . . . . 116 „ 1,75 „

S. I. Belinschi: **Termoficarea şi centralele electrice de termoficare** (trad. din limba rusă) . . . . . 84 „ 1,30 „

N. A. Caraulov şi G. I. Rosievschi: **Cum este construită o centrală electrică rurală** (trad. din limba rusă) . . . . . 64 „ 1 „

S. A. Neiman: **Protecţia radiorecepţiei împotriva paraziţilor** (trad. din limba rusă) . . . . . 92 „ 1,60 „

G. A. Sniţerev: **Cele mai simple măsurări electrice** (trad. din limba rusă) . . . . . 96 „ 1,60 „

COLECŢIA ENERGETICĂ

C. B. Mazel: **Redresori şi stabilizatori de tensiune** (trad. din limba rusă) . . . . . 120 „ 7,10 „

A. P. Zlatcovschi şi V. A. Şustov: **Posturi de transformare pe stâlpi** (trad. din limba rusă) . . . . 74 „ 4,75 „

E 2040/d

REFERÁLVA

KAT

Institutul de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
ОБМЕН - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - ΑΜΕΗΑ

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Műszaki Könyvtár
MADONA

8

1895

PENTRU UZ INTERN

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

1953

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

APARE LUNAR SUB INGRIJIREA UNUI COMITET DE REDACŢIE

Anul I · Nr. 8 August 1953

CUPRINSUL

Pag.

Număr consacrat celui de al III-lea Congres Mondial al Tineretului şi celui de al IV-lea Festival Mondial al Tineretului şi Studenţilor pentru Pace şi Prietenie, elaborat de tineri electrotehnicieni.

* * *. 23 August 3

S. Zeiger: Pentru continua ridicare de cadre tinere specializate în electrotehnică 5

A. Ţugulea: Consideraţiuni asupra calculului circuitelor magnetice cu fier 9

B. Stoleru: Elemente de calcul în automatizare . . 13

I. Weissman: Sisteme de rotaţie sincronă cu maşini asincrone 17

D. Marc: Modele pentru studiul fenomenelor electrice 25

A. Fransua: Despre cartea lui I. A. Sâromiatnicov: „Regimurile de funcţionare ale generatorilor sincroni 32

NOTE

M. Balasz şi *N. Rădulescu:* Conturul oscilatoriu pentru experimentarea întrerupătorilor de înaltă tensiune şi mare putere 35

DOCUMENTARE

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Номер посвещенный III-му Всемирному Конгрессу Молодежи и IV-му Всемирному Фестивалю Молодежи и Студентов за Мир и Дружбу, составленный молодыми электротехниками

* * *: 23-ее Августа 3

С. Цайгер: За дальнейший рост молодых специализированных кадров в электропромышленности 5

А. Цугуля: Соображения о рассчете железных магнитопроводов 9

Ь. Столеру: Рассчетные элементы в автоматике . 13

И. Вайссман: Системы синхронного вращения с асинхронными машинами 17

Д. Марк: Модели для изучения электрических явлений 25

А. Франсуа: О книжке И. А. Сыромятникова „Режимы работы синхроных генераторов“ 32

ЗАМЕТКИ

М. Балаш и Н. Радулеску: Колебательный контур для испытания мощных высоковольтных выключателей 35

ДОКУМЕНТАЦИЯ

REDACȚIA: București, B-dul 1848 Nr. 10
Raionul Tudor Vladimirescu
Telefon: 30730 — 35728

23 AUGUST

Cu o legitimă bucurie şi avânt în producţie, oamenii muncii întâmpină cea de a IX-a aniversare a eliberării Patriei noastre de către gloriosa Armată Sovietică.

23 August nu reprezintă numai sărbătoarea eliberării ţării noastre de sub jugul fascist german, ci şi ziua victoriei clasei muncitoare şi a tuturor forţelor progresiste conduse de Partidul Comunist asupra reacţiunei celei mai negre.

Pentru libertate, pentru un trai fericit, pentru pace au luptat cu eroism miile de ţărani ucişi în 1907, muncitorii căzuţi în piaţa Teatrului Naţional, comuniştii asasinaţi în luptele din Februarie 1933, la Doftana şi în multe alte lagăre fasciste de exterminare.

Inaintarea victorioasă a Armatelor Sovietice şi sdrobirea maşinii de război hitleriste, a dat posibilitatea ţării noastre să-şi ia soarta în propriile ei mâini şi să treacă din situaţia de hinterland agricol al marilor puteri imperialiste vest-europene în rândurile ţărilor celor mai înaintate din punct de vedere politic instaurând regimul de democraţie populară.

„Poporul român — a arătat tov. Gheorghe Gheorghiu-Dej — a simţit din plin această descătuşare căci ea venea după veacuri de asuprire şi silnicii. Pentru prima dată în istoria sa sbuciumată, poporul român a devenit liber şi stăpân pe soarta sa în urma victoriei istorice de însemnătate mondială repurtată de Uniunea Sovietică în cel de al doilea război mondial.

*Actul dela 23 August 1944 a fost pregătit şi înfăptuit de către Partidul Comunist Român conducătorul încercat al clasei muncitoare şi al forţelor patriotice ilegale" *).*

23 August 1944 a însemnat numai un prim pas pe calea transformărilor revoluţionare. Consecvent învăţăturii marxist-leniniste, Partidul nostru a condus clasa muncitoare din victorie în victorie. Astfel, am reuşit să creem un puternic sector socialist în industrie şi să mergem cu paşi repezi spre industrializarea socialistă bazată pe desvoltarea industriei constructoare de maşini; deasemenea, s'a creat un sector socialist important în comerţ, care asigură o bună aprovizionare a oamenilor muncii cu produse de larg consum.

P.M.R., merge cu hotărîre pe linia înfăptuirii socializării agriculturii noastre, ducând o muncă răbdătoare, de lămurire a ţărănimii muncitoare.

Cele aproape 2 000 gospodării agricole colective mlădiţele agriculturii noastre socialiste sunt dovezi de netăgăduit ale superiorităţii agriculturii ştiinţifice bazate pe tehnica cea mai înaltă.

S'a întărit şi se întăreşte necontenit alianţa dintre clasa muncitoare şi ţărănimea muncitoare baza puterii populare a Statului nostru.

Ştiinţa şi cultura au luat o desvoltare nemai întâlnită. Socialistă în conţinut şi naţională în formă, cultura noastră vine să-şi aducă un aport însemnat în opera de construire a socialismului.

In anii puterii populare s'a creat şi desvoltat industria produselor electrotehnice. De unde în regimul burghezo-moşieresc eram siliţi să importăm produsele electrotehnice necesare, astăzi producem o întreagă gamă de produse electrotehnice necesare industriei noastre. Producem echipamentul electric necesar industriei petrolifere şi liniilor de ciment; motoare şi aparataj antigrizutos. Deasemenea, fabricăm echipamentul electric pentru poduri rulante, alternatori şi grupuri electrogene de 3 . . .300 kW; motoarele până la 1 000 kW; echipamentul electric pentru tractoare şi troleybuse; transformatorii, convertisoarele de frecvenţă, aparatajul de joasă şi înaltă tensiune, aparatele electro-casnice, cablurile subterane de forţă întregesc gama de produse fabricate de industria noastră. Desvoltarea industriei

---

*) *Gheorghe Gheorghiu-Dej:* Articole şi cuvântări Ed. P.M.R. 1951 pag. 302.

electrotehnice a permis satisfacerea în mare măsură a nevoilor noastre, unele produse fiind chiar exportate.

O deosebită contribuţie la obţinerea unor asemenea realizări au adus-o tehnicienii, inginerii şi oamenii de ştiinţă. Promovând ceea ce este nou şi înaintat în ştiinţă şi tehnică, urmând exemplul luminos al tehnicei sovietice, ei sprijină introducerea metodelor noi de lucru, alcătuesc proiecte optime şi economice, cercetează problemele puse de industria noastră.

Cresc deasemenea, cadre noi — în toate specialităţile — înarmate cu cunoştinţe multiple gata să-şi pună toate forţele în slujba construirii socialismului. Numărul studenţilor noştri a trecut de 62 000 faţă de circa 29 000 câţi erau în 1938—1939.

Toate acestea ar fi fost cu neputinţă fără puternicul sprijin frăţesc acordat de Uniunea Sovietică.

Dela oamenii sovietici am învăţat să ne creem o industrie socialistă, să legăm cercetările ştiinţifice de necesităţile producţiei, să interpretăm fenomenele din natură şi societate în spirit materialist-dialectic.

Poporul sovietic ne-a sprijinit şi ne sprijină cu maşini şi utilaj, documentaţii tehnice, specialişti în diverse ramuri ale industriei.

Dela I. V. Stalin am învăţat că întreaga noastră putere de muncă şi capacitate trebue să o dăm pentru „asigurarea satisfacerii maximale a nevoilor materiale şi culturale mereu crescânde ale întregii societăţi prin creşterea şi perfecţionarea neîntreruptă a producţiei socialiste pe baza tehnicii celei mai înalte".

Iată dece, prietenia şi alianţa cu Uniunea Sovietică sunt chezăşia construirii socialismului în ţara noastră, a păstrării independenţei şi suveranităţii statului nostru.

Anul acesta ziua de 23 August este întâmpinată în condiţii deosebite.

Poporul nostru are cinstea de a fi gazda solilor tineretului luptător pentru pace din lumea întreagă.

Odată cu solii tinerei generaţii întregul nostru popor îşi reafirmă dorinţa fierbinte pentru menţinerea şi consolidarea păcii.

Tineretul Patriei noastre se bucură azi — datorită actului revoluţionar dela 23 August şi grijii Partidului — de o viaţă fericită, plină de muncă constructivă, bogată în conţinut şi bucurii. Deaceea, el a întâmpinat Festivalul Mondial al Tineretului cu realizări minunate.

Elanul cu care întâmpinăm ziua de 23 August este elanul constructorilor liberi şi conştienţi ai zorilor luminoşi ai socialismului. El este în stare să transforme natura şi să folosească legile ei obiective în folosul omului.

Mergând pe drumul deschis de 23 August, poporul nostru îşi construeşte o viaţă nouă, întărind Statul nostru de democraţie populară factor activ în frontul luptătorilor pentru pace.

PENTRU CONTINUA RIDICARE DE CADRE TINERE, SPECIALIZATE, ÎN INDUSTRIA ELECTROTEHNICĂ

Prof. Ing. S. ZEIGER

Pentru realizarea sarcinilor legate de construirea socialismului problema cadrelor deține un loc dintre cele mai importante.

*Un loc deosebit în problema cadrelor îl ocupă pregătirea cadrelor noi, creșterea cadrelor tinere —chezășia progresului neîntrerupt al societății. In cuvântarea sa la al III-lea Congres al U.T.C.L., Lenin a afirmat că „într'o anumită privință se poate spune că tocmai tineretului îi revine cu adevărat sarcina de a crea societatea comunistă" *). Desvoltând această idee, Lenin a arătat că generația activiștilor crescută în societatea capitalistă va putea să rezolve sarcinile nimicirii temeliilor vechiului sistem de trai capitalist și creării unei orânduiri în care proletariatul să dețină puterea împreună cu aliații săi, să creeze o bază trainică pe care va putea construi comunismul numai generația tânără, care intră în muncă în condițiuni noi, în condiții în care raporturile de exploatare între oameni nu mai există.*

Bineînțeles, creșterea cadrelor tinere, nu poate fi înțeleasă ca o renunțare la cadrele vechi, ca o înlocuire a acestor cadre, ci ca o îmbinare a cadrelor tinere cu cele vechi, ca o folosire a capacității tuturor cadrelor, ca pregătirea schimbului de mâine.

O greutate specifică deosebit de mare o au cadrele tinere în sectorul industriei electrotehnice. Insăși industria electrotehnică este tânără, fiind o creație a regimului nostru.

Odată cu nașterea și desvoltarea industriei electrotehnice, odată cu crearea întreprinderilor noi ca „Electro Putere", „Clement Gottwald", „Electro Precizia", etc., au crescut impetuos cadre noi contribuind din plin la această naștere și desvoltare, formându-se, crescându-și cunoștințele și calificarea în decursul acestui proces.

Pentru a ne face o idee despre formarea cadrelor noi, din care majoritatea o formează cadrele tinere, despre creșterea cadrelor sectorului electrotehnic, este suficient să spunem că numărul salariaților întreprinderilor electrotehnice a crescut în anul 1952 față de anul 1948 de peste patru ori, dintre care cel al inginerilor și tehnicienilor a crescut aproape de opt ori, ceea ce vădește o ridicare a nivelului tehnic al cadrelor.

*In munca de formare a cadrelor în întreprinderi și școli de toate gradele s'a urmărit aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate prin Rezoluția ședinței plenare a C.C. al P.M.R. din 22—24 Decembrie 1948 de a se obține... „ridicarea calificării profesionale a tineretului muncitor, crearea de intelectuali și tehnicieni eșiți din massa largă a oamenilor muncii, capabili și vrednici de încrederea poporului muncitor, care să poată face față cu succes sarcinilor tot mai mari ce li se vor pune în procesul de construire a socialismului în țara noastră" *).*

Numai în decurs de trei ani, dela 1950 la 1952, numărul absolvenților cursurilor de calificare și de ridicare a calificării muncitorilor și maiștrilor în industria electrotehnică a crescut mai mult decât de două ori, iar numărul absolvenților școlilor profesionale, medii tehnice și superioare, repartizați sectorului electrotehnic, deasemenea de două ori.

Cadrele formate în acești ani sunt în întregime tinere, cu excepția celor dela cursurile de calificare unde pe lângă tineret au fost calificate și unele cadre mai în vârstă.

Un ajutor din cele mai prețioase în formarea cadrelor tinere pentru sectorul electrotehnic, ca și pentru alte sectoare, ni l-a acordat Uniunea Sovietică, prin pregătirea de tineri specializați din țara noastră în școlile superioare ale URSS

*) V. I. Lenin, Opere Alese, vol II, partea a doua, Ed. P.M.R., pag. 430.

*) Rezoluții și Hotărîri, Ed. I, Editura P.M.R., pag. 79.

și prin specializarea cadrelor noastre în întreprinderile electrotehnice sovietice.

Datorită acestui ajutor și pe baza documentației tehnice sovietice s'a putut trece la fabricarea unor produse electrotehnice noi, pe care în timpul burgheziei nici nu se visa că le vom fabrica în țară și care se aduceau în întregime din străinătate.

Cu ocazia conferinței pe țară asupra calității principalelor produse electrotehnice și îmbogățirii nomenclatorului, ținută la 24—26 Aprilie 1953, s'a scos în evidență progresul înregistrat de industria electrotehnică atât în nivelul tehnic al producției, cât și în numărul produselor noi însușite. Astfel, s'a arătat că în locul nomenclatorului extrem de redus din perioada premergătoare naționalizării, nomenclatorul de azi cuprinde peste 60 tipuri de mașini electrice rotative, peste 60 tipuri transformatori de forță, peste 80 tipuri de aparataje de înaltă tensiune și peste 300 tipuri de aparataje de joasă tensiune, pe lângă alte diverse produse electrotehnice; s'a arătat că în timp ce în 1949 cel mai puternic motor de curent alternativ produs era de 100 kW, astăzi se fabrică motoare de 1000 kW și se pregătește punerea în fabricație a altor motoare mai mari, ca de exemplu compensatorul sincron de 5000 kVar; în timp ce în 1949 cel mai mare transformator era de 750 kVA la 25 kV, astăzi se produc transformatori de 5600 kVA la 60 kV S'au scos în evidență și alte succese ale industriei electrotehnice, cum ar fi producerea întrerupătorilor automați în ulei de 35 kV, a seriilor de separatori până la 110 kV, a mașinilor, transformatorilor și aparatelor de execuție specială antigrizutoasă, ș.a. Este incontestabil că în obținerea tuturor acestor succese cadrele tinere formate în ultimii ani au adus o contribuție dintre cele mai importante.

Cele expuse mai sus în privința formării cadrelor în sectorul electrotehnic nu înseamnă, bineînțeles, că putem considera cadrele existente suficiente ca număr și nivelul lor de cunoștințe ca ne mai necesitând noi și importante creșteri. In fața industriei electrotehnice stau sarcini mari care constau nu numai în perfecționarea produselor astăzi asimilate ca : motoare, generatori, transformatori, aparataj de pornire și reglaj, aparataj de înaltă și joasă tensiune, aparate de telecomunicații, etc., ci și în producerea în sortiment mult îmbogățit și pe baza procedeelor tehnice celor mai moderne a unor produse ca : electroizolanți, cablurile electrice, ceramica electrotehnică, etc., ca și în asimilarea producției, în domeniul radio-ului și al electronicei inaustriale. Probleme mari și importante stau în fața industriei electrotehnice, cum ar fi pregătirea condițiilor pentru a se putea trece la aplicarea automatizării și a telemecanicei în diversele ramuri industriale și în primul rând la producția energiei electrice. Toate acestea cer o creștere atât numerică a cadrelor din sectorul electrotehnic cât și o ridicare permanentă a nivelului lor de cunoștințe, o creștere a calificării lor profesionale.

Pentru a putea îndeplini sarcinile care stau în fața lor, tinerele cadre trebue să-și însușească cuceririle științei, să învețe necontenit ca să poată la rândul lor contribui la progresul științei.

Pentru aceasta nu este suficientă însușirea științelor cu caracter general — lucru necesar pentru ridicarea nivelului științifico-cultural, independent de tărâmul de activitate — ci și de adâncirea științelor speciale, legate de domeniul concret de activitate, ceea ce permite cunoașterea aprofundată a problemelor și, deci, rezolvarea cu succes a sarcinilor ce se pun. V. I. Lenin consideră că electricitatea este baza modernă pe care trebue refăcută industria și agricultura pentru a se putea construi societatea comunistă și a scos în evidență acest lucru în numeroase lucrări, în repetate rânduri. El a subliniat însă că ...„nu este deajuns... să știi ce este electricitatea; trebue să știi cum s'o aplici din punct de vedere tehnic atât în industrie și în agricultură, cât și în diferitele ramuri ale industriei și ale agriculturii" *).

Sarcinile concrete ale construcției socialiste la noi în țară ne cer să avem grijă ca să nu se formeze cadre IN GENERAL, care să știe despre toate câte puțin, ci să fie crescuți specialiști în fiecare din domeniile de activitate economică, competenți în cele mai diferite ramuri de cunoștințe.

Dar oricât de specializate ar fi cunoștințele însușite de cadrele tinere, ele nu vor putea fi utilizate pe deplin dacă nu vor fi în strânsă legătură cu problemele concrete ce se pun în fiecare domeniu de activitate, în legătură indisolubilă cu practica. Numai o astfel de însușire a științei permite cadrelor tinere să se poată în scurt timp orienta just în noul loc de muncă, să aplice în mod creator cunoștințele acumulate, să progreseze rapid, să ducă la bun sfârșit sarcinile ce li se pun. In cuvântarea sa rostită la Congresul învățătorilor din R.P.R., tov. Gheorghe Gheorghiu-Dej a spus : „Elevii pe care-i creșteți azi în școală,

*) V. I. Lenin: Opere Alese, vol. II, partea a doua, Editura PMR, pag. 437.

vor fi mâine stahanovişti, tehnicieni, pedagogi, savanţi. Şcoala este isvorul principal de cadre pentru construirea socialismului. Deaceea este necesar ca şcoala noastră să predea elevilor cunoştinţele ştiinţifice în legătură indisolubilă cu practica, cu activitatea în producţie *).

Acest lucru este astăzi posibil la noi, deoarece datorită grijii Partidului şi Guvernului, şcolile noastre, fie că este vorba de şcolile profesionale, fie de institutele de învăţământ superior, cresc cu grijă pe copiii oamenilor muncii pentru a corespunde cât mai bine sarcinilor lor viitoare, asigură toate condiţiile în procesul învăţământului pentru ca viitoarele cadre să fie cât mai temeinic pregătite. Cu totul altfel era situaţia în trecut. Şcoala din timpul burgheziei dădea odraslelor burgheze o pregătire potrivită cu situaţia lor de stăpâni, iar pe copiii oamenilor muncii îi excludea în imensa lor majoritate dela învăţământ, iar pe cei puţini care reuşeau să pătrundă în şcoală, îi pregătea ca să servească burghezia.

Problema pregătirii de cadre specializate, în strânsă legătură cu problemele pe care le vor întâlni în viitoarea lor activitate în producţie se pune pentru întregul sector al industriei electrotehnice, dar indeosebi pentru întreprinderile noi. Aci se cere ca secţiile de producţie, înzestrate cu cel mai modern utilaj sovietic şi laboratoarele de specialitate dotate cu aparatele cele mai perfecţionate să fie luate în primire şi puse în funcţiune de cadre care să fie instruite perfect asupra modului de funcţionare şi întreţinere al tuturor utilajelor, instalaţiilor, aparatelor, etc., să stăpânească procesele tehnologice, să cunoască condiţiile tehnice cărora trebue să le corespundă atât materiile prime, materialele, semifabricatele, etc., cât şi produsele finite.

Regulamentul pentru pregătirea cadrelor necesare întreprinderilor electrotehnice noi prevede un şir de măsuri care sunt menite să asigure pregătirea lor în cele mai bune condiţiuni şi la timpul potrivit. Astfel, se prevede planificarea din timp a necesarului de cadre şi obţinerea lor atât prin cursuri de calificare şi ridicare a calificării în întreprinderi cât şi prin repartizarea absolvenţilor şcolilor profesionale şi a celor de tipul S.F.U (şcoli de fabrică-uzină) de sub îndrumarea Direcţiei Generale a Rezervelor de Muncă precum şi a absolvenţilor şcolilor medii tehnice şi superioare. Se precizează pentru absolvenţii şcolilor de diferite grade cu cât timp înainte de punerea în funcţiune a secţiilor de producţie trebue să fie ceruţi şi cu cât timp înainte trebue să fie prezenţi în întreprindere pentru a participa la lucrările de montaj, a studia toate documentaţiile, a cunoaşte perfect toate utilajele şi instalaţiile, punerea lor în funcţiune, întreţinerea lor, a pune la punct procedeele de producţie, etc. Ca o măsură importantă se prevede obţinerea repartizărilor de cadre din învăţământul superior şi mediu încă din timpul studiului, astfel încât aceste cadre să cunoască viitorul lor domeniu de muncă, să facă practica de producţie în întreprinderi similare, să se specializeze în domeniul respectiv. Rezultate pozitive trebue deasemenea aşteptate dela schimbul de experienţă prevăzut între cadrele întreprinderilor noi şi cele ale ICET şi DPET în vederea îmbogăţirii reciproce a cunoştinţelor.

Pentru a împiedica dispersarea cadrelor pregătite, mutarea lor în alte munci decât în acelea pentru care s'au pregătit, vânturarea lor dintr'un loc într'altul, se prevede că nu se admite transferarea cadrelor calificate fără aprobarea D.G.I.E.T. iar a cadrelor repartizate de Minister, fără aprobarea conducerii Ministerului.

Din mai multe puncte de vedere este recomandabil a se recruta cadre pentru întreprinderile noi din regiunile în care aceste întreprinderi se amplasează, pregătind din timp aceste cadre în specialitatea respectivă. Aceste cadre se leagă dela început de interesele întreprinderii, cresc împreună cu ea, luptă pentru desvoltarea întreprinderii fiind mândri că odată cu întărirea puterii industriale a ţării se ridică regiunea lor natală. Cadrele transferate din alte părţi vin deobiceiu pentru timp limitat, privesc activitatea lor în întreprinderea respectivă ca ceva provizoriu, aşteptând să se înapoieze la locurile de unde au venit. De altfel însăşi ridicarea politică şi culturală a regiunilor cere ca odată cu crearea întreprinderilor noi să se ridice cadre noi din regiunea respectivă.

O importanţă deosebită o are alegerea justă a cadrelor, repartizarea lor la locurile cele mai potrivite de muncă, urmărirea lor în muncă, ajutorarea să crească. Vorbind la al XVIII-lea Congres al P.C.(b) al URSS despre alegerea cadrelor, promovarea şi repartizarea lor, I. V. Stalin a arătat că a alege just cadrele înseamnă a ţine la ele, a le respecta, a le cunoaşte, a studia calităţile şi lipsurile fiecăruia şi a-i valorifica în cel mai potrivit post aptitudinile, a le forma cu grijă, a le ajuta să crească, a grăbi ridicarea lor, a le promova la timp şi cu curaj, a le repartiza

*) Gh. Gheorghiu-Dej : Articole şi Cuvântări, Ed. III-a Editura P.M.R., pag. 615.

astfel încât fiecare să se simtă la locul lui şi să dea maximum de randament operei comune.

In munca de formare a cadrelor tinere, îi revin sarcini din cele mai importante organizaţiei revoluţionare a tineretului. Sub conducerea şi îndrumarea partidului această organizaţie educă tineretul, îl mobilizează, îl îndrumează în munca de zi cu zi pentru construirea socialismului. In expunerea sa la consfătuirea pe ţară a muncitorilor minieri, Tovarăşul Gh. Gheorghiu-Dej a arătat că U.T.M.-ului îi revine o sarcină de onoare, ca să atragă, cu avântul şi entuziasmul caracteristic tineretului, în massă pe tinerii muncitori la lupta pentru îndeplinirea tuturor prevederilor planului cincinal, să se preocupe efectiv de calificarea profesională a tineretului, să ducă pretutindeni printre tineri o muncă permanentă de educare politică în spiritul patriotismului socialist şi al internaţionalismului proletar.

Pline de răspundere sunt sarcinile ce stau în faţa filialelor şi cercurilor ASIT pentru creşterea cadrelor tinere de specialişti. In întreprinderi vin absolvenţii şcolilor superioare şi medii; ei trebuie ajutaţi, îndrumaţi în muncă, trebue să li se inoculeze interesul pentru studiu, pasiunea pentru ştiinţă, trebue stimulaţi să crească în muncă. Deasemenea trebue acordată toată atenţia absolvenţilor şcolilor profesionale ca să-şi crească în permanenţă nivelul cunoştinţelor, paralel cu calificarea în meserie, astfel încât să aibă perspectiva trecerii în rândurile personalului tehnico-ingineresc, prin cursurile serale sau fără frecvenţă organizate pe lângă facultăţi. Studenţilor dela cursurile prin corespondenţă li se acordă un ajutor organizat în învăţătură, ca să-şi însuşească cunoştinţele necesare încât la absolvirea cursurilor să rezolve cu succes problemele ce se vor ivi în muncă.

Cercurile A.S.I.T. din întreprinderi trebue să contribue la o justă organizare a practicii de vară a studenţilor din şcolile tehnice superioare ca şi a elevilor din şcolile medii tehnice, încât activitatea în decursul practicii să fie o continuare a procesului de învăţământ, să permită o îmbogăţire a cunoştinţelor şi mai ales o concretizare a lor, să asigure o îmbinare a cunoştinţelor teoretice cu munca practică.

Deasemenea filialele şi cercurile A.S.I.T. trebue să acorde tot sprijinul cercurilor ştiinţifice studenţeşti, pentru a da posibilitate tinerelor forţe să se desvolte, a atrage tinerii studenţi pe tărâmul cercetărilor ştiinţifice încă de pe băncile şcolii, a sădi în inimile lor dragostea pentru tot ce este nou şi înaintat în ştiinţă.

In încheiere trebue spus că în întreaga muncă de ridicare a cadrelor tinere nu trebue nici un moment scăpat din vedere că nu se pregătesc simpli specialişti, ci constructori activi ai socialismului. Pregătirea cadrelor tinere se face prin prizma intereselor clasei muncitoare şi a aliaţilor săi. In acest sens sunt edificatoare cuvintele rostite de V. I. Lenin la al III-lea Congres al U.T.C.L., când a dat răspunsul la întrebarea — cum trebue învăţat şi anume: „numai legând indisolubil fiecare pas al activităţii în şcoală, fiecare pas al educaţiei, a instrucţiunii, al învăţământului, de lupta tuturor oamenilor muncii împotriva exploatatorilor" *).

---

*) V. I. Lenin: Opere Alese, vol. II, partea a doua, Editura P.M.R., pag. 445.

CONSIDERAȚIUNI ASUPRA CALCULULUI CIRCUITELOR MAGNETICE CU FIER

22 74 Elec 11/54
LEFORDITVA
K. 7225

(Din lucrările Institutului de Energetică al Academiei R.P.R.)

Ing. A ȚUGULEA

Articolul conține considerațiuni asupra calculului circuitelor magnetice cu fier ținând seama și de reluctanțele fierului. Sunt deduse formule analitice pentru calculul circuitelor magnetice care funcționează la inducții în limitele cărora permeabilitatea fierului se poate considera constantă. Pentru cazul general se dau două metode de integrare grafică a ecuațiilor diferențiale deduse.

Metodele de calcul al circuitelor magnetice nu au ajuns încă la nivelul metodelor de calcul al circuitelor electrice. Aceasta se datorește pe deoparte faptului că în cursul desvoltării electrotehnicei, circuitele electrice au atras atenția în mod deosebit prin efectele mai ușor de sesizat și măsurat, pe care le produceau, iar pe de altă parte faptului că încă dela început domeniile de utilizare a circuitelor electrice au fost cu mult mai largi decât cele ale circuitelor magnetice.

Astfel se explică de ce în calculul circuitelor magnetice au apărut o serie de legi și teoreme proprii circuitelor electrice (legea lui Ohm, legile lui Kirchoff, etc).

Bazându-se pe anumite simetrii ale legilor fundamentale ale câmpurilor electrice și magnetice, electricienii au încercat să aplice metodele de calcul al circuitelor electrice la calculul circuitelor magnetice.

Incercarea a reușit numai în parte deoarece din punct de vedere fizic fenomenele care au loc în circuitele electrice sunt diferite de fenomenele care apar în circuitele magnetice. In timp ce în majoritatea circuitelor electrice, curentul electric se datorește unui fenomen de conducțiune, în circuitele magnetice fluxul magnetic are o natură cu totul diferită și nici într'un caz nu este rezultatul unui efect de conducțiune.

Existența conductorilor electrici permite precizarea căilor pe care le străbate curentul în timp ce parcursul liniilor de forță ale câmpului de inducție magnetică este în general foarte greu de stabilit. Insăși noțiunea de circuit magnetic este oarecum arbitrară deoarece din punct de vedere riguros teoretic prin circuit magnetic ar trebui înțeles întregul spațiu străbătut de liniile de forță ale câmpului de inducție magnetică.

In acest caz calculul circuitelor magnetice s'ar reduce la integrarea ecuațiilor lui Maxwell pentru spațiul respectiv și deoarece această integrare este posibilă numai în câteva cazuri cu totul particulare, rezultatele obținute nu ar satisface nici pe departe necesitățile practice ale industriei electrotehnice în plină desvoltare.

Folosirea tot mai largă a mașinilor, aparatelor și instrumentelor în care circuitele magnetice joacă un rol din ce în ce mai important, a condus la elaborarea unor metode de calcul aproximative însă satisfăcătoare din punct de vedere practic.

Noțiunea de circuit magnetic a căpătat o definiție mai puțin riguroasă în schimb mai elastică deoarece în acest caz prin circuit magnetic se înțelege porțiunea din spațiu pe care o străbate majoritatea liniilor de forță ale câmpului de inducție magnetică. Deoarece liniile de forță se concentrează în mediile feromagnetice, noțiunea de circuit magnetic a căpătat o sferă și mai restrânsă, prin circuit magnetic înțelegându-se deobicei corpurile feromagnetice străbătute de liniile de forță, împreună cu corpurile neferomagnetice care le separă și prin care trec majoritatea acestor linii de forță.

Precizarea circuitelor magnetice a necesitat o serie întreagă de observații experimentale precum și considerații teoretice foarte detailate.

Prin urmare în calculul circuitelor magnetice se consideră circuitul magnetic precizat.

Faptul că majoritatea circuitelor magnetice conțin materiale feromagnetice complică problema, deoarece aceste materiale au caracteristici magnetice nelineare care nu pot fi exprimate prin formule analitice. Deaceea pentru calcul se folosesc curbele de magnetizare care sunt ridicate experimental pentru majoritatea materialelor de folosință curentă.

Date fiind nelinearitatea caracteristicelor magnetice ale materialelor feromagnetice și imposibilitatea de a le exprima analitic, ecuațiile diferențiale obținute vor fi în general neliniare și vor trebui să fie integrate grafic.

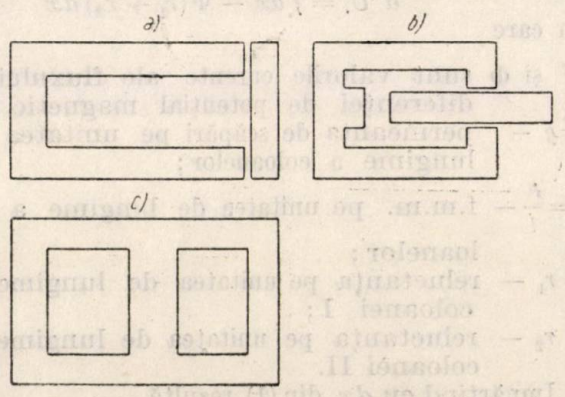


Fig. 1

In articolul de față se prezintă o metodă care poate fi aplicată la o serie întreagă de circuite magnetice care se întâlnesc frecvent în practică și dintre care unele sunt reprezentate în fig. 1.

Metoda va fi expusă în cazul concret al circuitului din fig. 1 *a*.

Prin urmare fie circuitul magnetic reprezentat în fig. 2 în care toate dimensiunile sunt date. Deasemenea fie F f.m.m. toată a bobinelor care sunt înfășurate uniform.

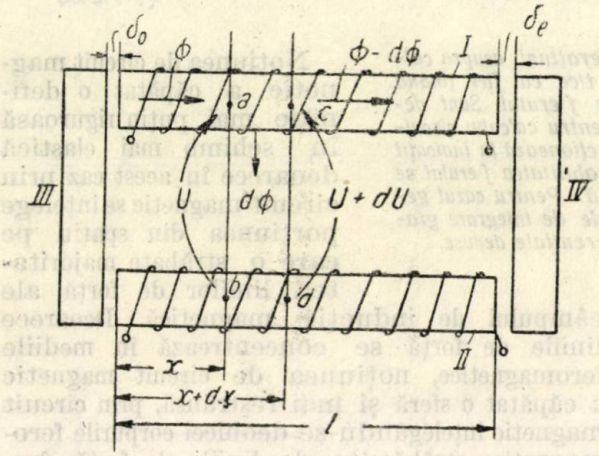


Fig. 2

Pentru a deduce ecuațiile circuitului se procedează ca și în cazul circuitelor electrice, adoptându-se sensuri arbitrare pentru fluxuri și diferențe de potențial magnetic. Prin aceasta se precizează circuitul magnetic. In cazul de față se consideră un flux principal care străbate întreg circuitul (format din cele două coloane I și II și cele două armături III și IV) și un flux de scăpări care se închide între coloanele I și II. Se aleg două secțiuni *ab* și *cd* situate la distanțele x și $x + dx$ de capetele din stânga ale coloanelor unde s'a ales originea de coordonate.

Ținând seama de notațiile din figură și aplicând legile lui Kirchoff pentru circuitele magnetice, circuitului magnetic *acdb*, se obțin următoarele ecuații :

$$\left.\begin{aligned} -d\Phi &= Ug\,dx \\ dU &= f\,dx - \Phi(r_1+r_2)dx \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

în care

U și Φ sunt valorile curente ale fluxului și diferenței de potențial magnetic. ;

g — permeanța de scăpări pe unitatea de lungime a coloanelor ;

$f=\frac{F}{l}$ — f.m.m. pe unitatea de lungime a coloanelor ;

r_1 — reluctanța pe unitatea de lungime a coloanei I ;

r_2 — reluctanța pe unitatea de lungime a coloanei II.

Impărțind cu dx, din (1) rezultă

$$\left.\begin{aligned} -\frac{d\Phi}{dx} &= gU \\ \frac{dU}{dx} &= f - \Phi(r_1+r_2) \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

In cazul general U, Φ, g, r_1 și r_2 sunt funcțiuni de x care nu se pot exprima analitic. De aceea rezolvarea sistemului de ecuații diferențiale (2) nu se poate face decât grafic dacă se dau $g = f(x)$; $r_1 = \varphi(x)$ și $r_2 = \psi(x)$.

In multe cazuri circuitele magnetice funcționează la inducții în limitele cărora r_1 și r_2 (deci permeabilitatea coloanelor) pot fi considerate constante cu aproximație suficientă pentru practică.

Astfel oțelul de fabricație sovietică $Э_1 - AA$ își menține permeabilitatea constantă între $3{,}5.10^{-1}$ și $1\ \frac{Wb}{m^2}$, oțelul Armco între $6{,}5 \cdot 10^{-1}$ și $1{,}25\ \frac{Wb}{m^2}$, oțelul $Э\,4 - A$ între 2.10^{-1} și $8{,}10^{-1}\ \frac{Wb}{m^2}$ etc.

Deoarece g este aproximativ constant deaIungul coloanelor (cu excepția capetelor) iar în cazul înfășurării uniforme a bobinelor $f = \frac{F}{l}$ este deasemenea constant ecuațiile (2) se pot integra analitic.

Derivând ambele ecuații în raport cu x se obține :

$$\left.\begin{aligned} -\frac{d^2\Phi}{dx^2} &= g\,\frac{dU}{dx} \\ -\frac{d^2U}{dx^2} &= (r_1+r_2)\frac{d\Phi}{dx} \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

Sau ținând seama de ecuațiile (2) se obține :

$$\left.\begin{aligned} -\frac{d^2\Phi}{dx^2} &= g\,[(f - \Phi(r_1+r_2)] \\ \frac{d^2U}{dx^2} &= g(r_1+r_2)\,U \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

Notând $r = r_1 + r_2 = \mu_f - \frac{1}{S_1} + \mu_f \frac{1}{S_2}$ (în care S_1 și S_2 sunt secțiunile coloanelor I și II) și trecând totul în membrul întâi se obțin ecuațiile

$$\left.\begin{aligned} \frac{d^2\Phi}{dx^2} - gr\Phi + gf &= 0 \\ \frac{d^2U}{dx^2} - grU &= 0 \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

Din integrarea acestor ecuații liniare cu coeficienți constanți rezultă :

$$\left.\begin{aligned} \Phi &= A_1 \operatorname{ch}\sqrt{gr}\,x + A_2 \operatorname{sh}\sqrt{gr}\,x + \frac{f}{r} \\ U &= B_1 \operatorname{ch}\sqrt{gr}\,x + B_2 \operatorname{sh}\sqrt{gr}\,x \end{aligned}\right\} \quad (6)$$

în care A_1, A_2, B_1 și B_2 sunt constante de integrare pentru determinarea cărora sunt necesare următoarele condiții la limită :

$$\begin{aligned} x = 0\ ;\ \Phi = \Phi_0\ ;\ U = U_0 \\ x = l\ ;\ \Phi = \Phi_l\ ;\ U = U_l \end{aligned} \quad (7)$$

Notând $\frac{f}{r} = \Phi_r$ și determinând constantele de mai sus se obține :

$$\left.\begin{aligned}\Phi - \Phi_r &= (\Phi_0 - \Phi_r)\operatorname{ch}\gamma x + \\ &+ \frac{(\Phi_l - \Phi_r) - (\Phi_0 - \Phi_r)\operatorname{ch}\gamma l}{\operatorname{sh}\gamma l}\operatorname{sh}\gamma x \\ U &= U_0 \operatorname{ch}\gamma x + \frac{U_l - U_0 \operatorname{ch}\gamma l}{\operatorname{sh}\gamma l}\operatorname{sh}\gamma x\end{aligned}\right\} \quad (8)$$

în care s'a notat $\gamma = \sqrt{gr}$.

Deoarece $g\,U = -\frac{d\Phi}{dx}$ (2)

se poate scrie :

$$g\left(U_0 \operatorname{ch}\gamma x + \frac{U_l - U_0 \operatorname{ch}\gamma l}{\operatorname{sh}\gamma l}\operatorname{sh}\gamma x\right) = -\left[\gamma(\Phi_0 - \Phi_r)\operatorname{sh}\gamma x + \gamma\frac{(\Phi_l - \Phi_r) - (\Phi_0 - \Phi_r)\operatorname{ch}\gamma l}{\operatorname{sh}\gamma l}\operatorname{ch}\gamma x\right] \quad (9)$$

Relația (9) trebuie să fie satisfăcută pentru orice x deoarece rezultă din ecuația diferențială (2).

Prin urmare rezultă :

$$\left.\begin{aligned}\frac{1}{\gamma} g\,U_0 &= -\frac{(\Phi_l - \Phi_r) - (\Phi_0 - \Phi_r)\operatorname{ch}\gamma l}{\operatorname{sh}\gamma l} \\ -\frac{\gamma}{g}(\Phi_0 - \Phi_r) &= \frac{U_l - U_0 \operatorname{ch}\gamma l}{\operatorname{sh}\gamma l}\end{aligned}\right\} \quad (10)$$

Introducând relațiile (10) în (8) se obține :

$$\left.\begin{aligned}\Phi - \Phi_r &= (\Phi_0 - \Phi_r)\operatorname{ch}\gamma x - \frac{g}{\gamma} U_0 \operatorname{sh}\gamma x \\ U &= U_0 \operatorname{ch}\gamma x - \frac{\gamma}{g}(\Phi_0 - \Phi_r)\operatorname{sh}\gamma x\end{aligned}\right\} \quad (11)$$

Ținând seama de sensurile adoptate în fig. (2) se poate scrie :

$$\left.\begin{aligned}U_0 &= -R_0 \Phi_0 \\ U_l &= R_l \Phi_l\end{aligned}\right\} \quad (12)$$

în care R_0 — reluctanța totală a armăturii III și a celor două intrefieruri δ_0

R_1 — reluctanța totală a armăturii IV și a celor două intrefieruri δ_l

Eliminând U_0, U_l și Φ_0 din relațiile (11) și (12) rezultă în definitiv :

$$\Phi = \frac{f}{r}\left[1 - \frac{\left[R_0 \operatorname{ch}\gamma l + R_l\left(R_0 \frac{g}{\gamma}\operatorname{sh}\gamma l + 1\right)\right]\operatorname{ch}\gamma x}{\frac{\gamma}{g}\operatorname{sh}\gamma l + (R_0 + R_l)\operatorname{ch}\gamma l + \frac{g}{\gamma}R_0 R_l \operatorname{sh}\gamma l} + \frac{R_0\left[\frac{\gamma}{g}\operatorname{sh}\gamma l + R_l(\operatorname{ch}\gamma l - 1)\right]\frac{g}{\gamma}\operatorname{sh}\gamma x}{\frac{\gamma}{g}\operatorname{sh}\gamma l + (R_0 + R_l)\operatorname{ch}\gamma l + \frac{g}{\gamma}R_0 R_l \operatorname{sh}\gamma l}\right] \quad (13)$$

Fluxul total ψ va fi

$$\psi = \int_0^l \frac{w}{l}\,\Phi \cdot dx =$$

$$= \frac{wf}{lr}\left[l - \frac{\left[R_0 \operatorname{ch}\gamma l + R_l\left(R_0 \frac{g}{\gamma}\operatorname{sh}\gamma l + 1\right)\right]\frac{1}{\gamma}\operatorname{sh}\gamma l}{\frac{\gamma}{g}\operatorname{sh}\gamma l + (R_0 + R_l)\operatorname{ch}\gamma l + \frac{g}{\gamma}R_0 R_l \operatorname{sh}\gamma l} + \frac{R_0\left[\frac{\gamma}{g}\operatorname{sh}\gamma l + R_l(\operatorname{ch}\gamma l - 1)\right]\frac{g}{\gamma^2}}{\frac{\gamma}{g}\operatorname{sh}\gamma l + (R_0 + R_l)\operatorname{ch}\gamma l + \frac{g}{\gamma}R_0 R_l \operatorname{sh}\gamma l}(\operatorname{ch}\gamma l - 1)\right] \quad (14)$$

Secțiunea în care fluxul va fi maxim se determină din condiția : $\frac{d\Phi}{dx} = 0$

și rezultă

$$x = \operatorname{argth}\frac{R_0\left[\operatorname{sh}\gamma l + \frac{q}{\gamma}R_l(\operatorname{ch}\gamma l - 1)\right]}{R_0 \operatorname{ch}\gamma l + R_l\left(R_0 \frac{q}{\gamma}\operatorname{sh}\gamma l + 1\right)} \quad (15)$$

Aplicarea formulelor (13) (14) și (15) este evident restrânsă la cazul circuitelor care funcționează la inducții în limitele cărora permeabilitatea fierului este constantă.

Aplicarea ecuațiilor (11) din care rezultă formulele (13), (14) și (15) poate fi însă extinsă și la cazul circuitelor care nu funcționează la permeabilitate constantă. Pentru aceasta este suficient să se împartă circuitele în porțiuni în limitele cărora permeabilitatea să fie constantă.

Este ușor de văzut că și pentru celelalte circuite (fig. 1 *b* și *c*) se pot deduce ecuații diferențiale asemănătoare.

In practică se întâlnesc destul de des cazuri în care permeabilitatea fierului variază foarte mult.

In aceste cazuri în locul calculelor destul de laborioase se preferă o integrare grafică a sistemului de ecuații (2).

Integrarea se face în felul următor :

Condițiile la limită se consideră date, adică pentru $x = 0$; $\Phi = \Phi_0$; $U = U_0$.

In sistemul de coordonate x, y se duc o serie de paralele la axa y, ale căror abscise sunt $x = 0$, x_1, x_2 ..... x_n și care în cazul general pot să nu fie echidistante (fig. 3).

Pe ordonata y se vor măsura Φ și U pentru care se aleg scări potrivite.

Pentru $x = 0$ se cunosc punctele Φ_0 și U_0 ale celor două curbe integrale.

Deoarece $gU = -\frac{d\Phi}{dx}$ rezultă $gU_0 = \left|-\frac{d\Phi}{dx}\right|_{x=0}$

prin urmare se cunoaște panta tangentei la curba $\Phi = f(x)$ în punctul $x = 0$. Din punctul de coordonate $(0, \Phi_0)$ se duce un segment

de dreaptă de pantă $-\varphi g U_0$ până la intersecția cu dreapta $x_1 = \text{const}$ (φ este un factor care depinde de scările alese pentru Φ și x).

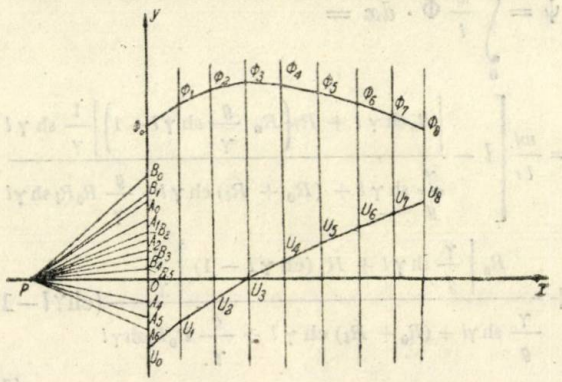


Fig. 3

In același mod din punctul de coordonate $(0,\ U_0)$ se duce o dreaptă de pantă $u\left[f-\Phi_0 (r_1+r_2)\right] = u\left|\frac{dU}{dx}\right|_{x=0}$ până la intersecția cu dreapta $x = x_1$ (u este un factor care depinde de scările alese pentru U și x), r_1 și r_2 se determină folosind curba de magnetizare a materialului respectiv.

Fie Φ_1 și U_1 ordonatele acestor puncte de intersecție.

Făcând același raționament ca mai sus se găsesc valorile Φ_2 și U_2 la intersecția dreptei $x = x_2$ cu dreptele de pantă $-\varphi g U_1 = \varphi\left|\frac{d\Phi}{dx}\right|_{x=x_1}$ și respectiv $u\ [f-(r_1+r_2)\ \Phi_1] = u\left|\frac{dU}{dx}\right|_{x=x_1}$

Liniile frânte astfel obținute aproximează (Euler) curbele integrale căutate. Cu cât paralelele $x=0,\ x_1,\ x_2 \ldots\ x_0$ vor fi mai apropiate cu atât curba integrală va fi reprodusă mai exact.

Practic se procedează în felul următor:

In stânga axelor de coordonate (pe semiaxa negativă a absciselor) se ia un punct P de coordonate $P\ (0,1)$. Pe axa ordonatelor se aleg punctele A_0 și B_0 astfel încât

$$OA_0 = \varphi\left|\frac{d\Phi}{dx}\right|_{x=0} \quad \text{și} \quad OB_0 = u\left|\frac{dU}{dx}\right|_{x=0} \qquad (15a)$$

Dreptele PA_0 și PB_0 vor avea coeficienții unghiulari numerici egali cu mărimea segmentelor OA_0 și OB_0 (deoarece $OP = 1$) și deci vor fi paralele cu tangentele la curbele integrale căutate.

Pentru a găsi punctele Φ_1 și U_1 din punctele Φ_0 și U_0 se duc paralele cu dreptele $P\,A_0$ respectiv cu $P\,B_0$ până la intersecția cu dreapta $x = x_1$.

Cunoscându-se Φ_1 și U_1 se pot determina segmentele:

$$OA_1 = \varphi\left|\frac{d\Phi}{dx}\right|_{x=x_1}\ ;\ OB_1 = u\left|\frac{dU}{dx}\right|_{x=x_1} \qquad (15b)$$

și prin urmare dreptele PA_1 și PB_1 care sunt paralele la tangentele curbelor, integrale în punctele $x = x_1$, ș.a.m.d.

Dezavantajul metodei constă în aceea că nu dă o curbă integrală continuă și deaceea în unele cazuri este preferabil să se folosească metoda razei de curbură care este specifică ecuațiilor diferențiale de ordinul al doilea.

Sistemul de ecuații (2) poate fi redus la o ecuație de ordinul al doilea.

Intr'adevăr derivând prima ecuație și ținând seama că $g = \text{const}$ se obține

$$-\frac{d^2\Phi}{dx^2} = g\frac{dU}{dx} \qquad (16)$$

Introducând $\frac{dU}{dx}$ din ecuația a doua rezultă

$$-\frac{d^2\Phi}{dx^2} = g\left[f-\Phi(r_1+r_2)\right] \qquad (17)$$

Deoarece expresia razei de curbură este

$$\rho = \frac{(1+y'^2)^{3/2}}{y''} = \frac{\left[1+\left(\frac{d\Phi}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}{\frac{d^2\Phi}{dx^2}} \qquad (18)$$

rezultă că ea se poate calcula dacă se dau y' și y''.

Deoareee din condițiile inițiale se dau Φ_0 și U_0 se calculează:

$$\left|\frac{d\Phi}{dx}\right|_{x=0} = -gU_0\ ;\ \text{și}\ \left|\frac{d^2\Phi}{dx^2}\right|_{x=0} = -g\ [(f-\Phi_0(r_1+r_2)] \qquad (19)$$

și deci se poate calcula ρ_0.

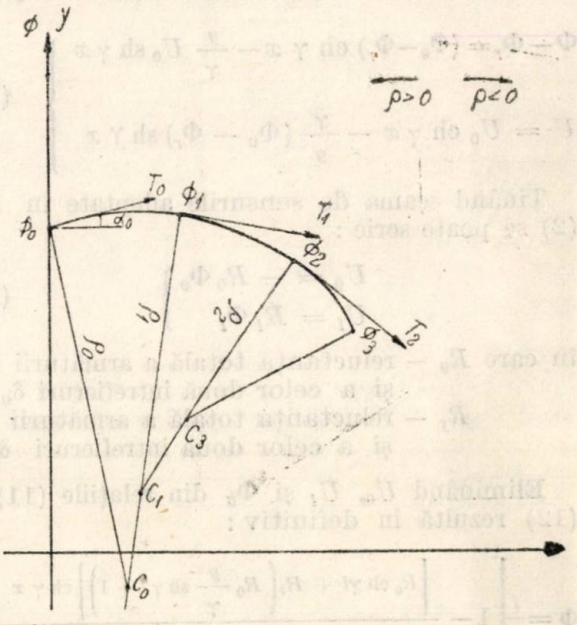


Fig. 4

In acest caz se procedează în felul următor:

Din punctul Φ_0 $(0,\ \Phi_0)$ (fig. 4) se duce un segment de dreaptă $\Phi_0\ T_0$ de pantă $\text{tg}\,\alpha_0 = \varphi\left|\frac{d\Phi}{dx}\right|_{x=0} = -\varphi g U_0$. Tot în acest punct (Φ_0) se

ridică perpendiculara pe segmentul $\Phi_0 T_0$, pe care se înseamnă punctul C_0 astfel încât $\Phi_0 C_0 = K\rho_0$ (K — factor care depinde de scările alese).

Din punctul C_0 ca centru se duce un arc de cerc de rază $K\rho_0$ care unește punctul Φ_0 cu un punct Φ_1 (fig. 4) ales suficient de apropiat. In punctul Φ_1 astfel ales se duce raza $C_0\Phi_1$ și perpendiculara $\Phi_1 T_1$.

Panta segmentului $\Phi_1 T_1$ determină $\left|\frac{d\Phi}{dx}\right|_{x=x_1}$

Cunoscând Φ_1 și $\left|\frac{d\Phi}{dx}\right|_{x=x_1}$ se poate calcula ρ_1, determinându-se poziția noului centru de curbură care se va afla pe dreapta $C_0\ \Phi_1$ la distanța $C_1\ \Phi_1 = K\rho_1$.

Din punctul C_1 ca centru se duce un nou arc de cerc de rază $K\rho_1$ până într'un punct Φ_2 ș.a.m.d. Curba integrală rezultă ca o succesiune de arce de cerc și apare ca o curbă continuă.

In toate aceste calcule este foarte important să se aleagă scări convenabile și în calculul razelor de curbură să se țină seama de aceste scări. Semnul razei de curbură indică sensul curbei integrale.

Dacă $\rho > 0$ sensul de parcurs este contrar acelor ceasornicului iar dacă $\rho < 0$ sensul coincide cu sensul acestora.

Pentruca rezultatele calculului să fie cât mai exacte este necesar ca permeanțele (g) și reluctanțele (r_1 și r_2) să fie calculate exact.

In literatura tehnică de specialitate sunt indicate o serie de metode pentru calculul acestora însă rezultatele obținute pentru aceleași configurații de circuite diferă dela metodă la metodă și ar fi necesar un studiu critic al acestor metode, studiu care depășește cadrul acestui articol.

In concluzie se poate afirma că metodele de calcul al circuitelor magnetice sunt încă departe de a fi ajuns la o formă definitivă. Deoarece folosirea acestor circuite devine din ce în ce mai largă ar fi necesar și util ca electricienii să acorde un interes deosebit studiului acestor metode având astfel posibilitatea să umple un domeniu al electrotehnicei în care mai există lacune importante.

Bibliografie

Bul B. C. : Metodele de calcul al circuitelor magnetice ținând seama de reluctanțele fierului. Electricestvo Nr. 11—1952.
Babicov M. A. : Aparate Electrice GEI — 1951.
Smirnov V. I. : Curs de matematică superioară Vol. II. 1951.

★

СООБРАЖЕНИЯ О РАССЧЕТЕ ЖЕЛЕЗНЫХ МАГНИТОПРОВОДОВ

Резюме

Статья содержит соображения о рассчете магнитопроводов с железом, учитывая и магнитные сопротивления железа. Выводятся аналитические формулы для рассчета магнитопроводов работающих с индукциями при которых проницаемость железа может считатся постоянной. Для общего случая даются два метода графического интегрирования выведенных дифференциальных уравнений.

ELEMENTE DE CALCUL IN AUTOMATIZARE

Ing. B. STOLERU

După ce se fac o serie de preciziuni necesare studiului analitic al schemelor de automatizare, plecându-se dela simplu la complex, și se stabilesc simbolurile necesare deducerii expresiilor algebrice ale diferitelor scheme, se arată că termenii adunării și factorii înmulțirii se bucură de proprietățile de comutativitate și asociativitate. Se dau o serie de exemple de expresii algebrice cu schemele electrice ce le reprezintă. In încheiere se studiază un exemplu referitor la stabilirea unei scheme electrice de comandă ce trebue să funcționeze în anumite condiții dat. Se obține expresia algebrică a acestei scheme în functie de condițiunile impuse și apoi prin simplificări succesive ale acestei expresii algebrice se obține schema ce corespunde scopului functional cu un număr minim de contacte.

Algebra modernă oferă posibilități noi prin care se pot studia și exprima, în forme simple, unele scheme electrice destul de complexe.

Pentru desfășurarea automată a operațiilor de comandă, protecție și semnalizare a aparatului electric din centrale și secții, precum și pentru obținerea unui proces de producție automat în intreprinderile industriale, tehnica actuală se folosește de relee.

Printr'un ansamblu de relee, grupate electric, se realizează deobicei o schemă de automatizare cu un scop funcțional bine determinat. Practica curentă dovedește că în automatizare se poate obține același scop funcțional utilizând diverse scheme echivalente, deosebindu-se una de alta prin numărul contactelor releelor ce o alcătuesc. Intotdeauna însă se alege schema cea mai simplă care uneori este și cea mai greu de găsit.

Algebra modernă permite să se stabilească analitic schema cea mai simplă, adică schema care asigură, printr'un număr minim de elemente (contacte), funcționarea corectă și sigură a elementului receptor al schemei în condițiile date.

Schemele electrice ce urmează a se studia, vor fi analizate pentru a se determina dacă circuitul complex, conținând elementul receptor, se stabilește sau nu, funcție de elementele simple ce-l formează (contacte, chei de comandă).

Pentru aceasta sunt necesare următoarele preciziuni :

1. Contactele unui circuit pot ocupa numai două poziții extreme. Una din aceste poziții, de exemplu poziția închis, se interpretează

ca un efect ce se produce (receptorul lucrează) iar cealaltă poziție ca un efect ce nu se produce (receptorul este în repaus).

2. Orice circuit, indiferent de complexitatea lui, se studiază numai în situațiile limită la care ajunge prin poziția elementelor sale (contacte).

Deaceea rezistența lui $z = \frac{1}{y}$ și, corespunzător, conductibilitatea $y = \frac{1}{z}$ pot lua numai două valori 0 sau ∞.

3. Orice dipol complex se studiază ca un ansamblu cu proprietăți definite și compus din dipoli simpli conținând numai câte un element de comandă (contact). Contactele pot fi legate în serie sau în paralel, însă organul receptor este întotdeauna la un capăt, în serie cu ansamblul.

In general un ansamblu ce comandă starea de lucru sau de repaus a schemei și depinde de contactele normal închise*) $a, b, c,$ ale releelor A, B, C este în stare de lucru atunci când bobinele releelor respective sunt în stare de lucru. Negația unui contact de lucru a, este un contact de repaos și se notează cu $\bar{a}$.

Dacă se consideră o schemă L, în stare de lucru pentru anumite condiții ale contactelor ce o formează și o schemă N în stare de repaus dentru aceleași condiții a contactelor ce o formează atunci schema N este echivalentă cu negația schemei L.

Intr'adevăr, dacă schema L nu este în stare de lucru (negație) pentru condițiile date, ea nu poate fi decât în stare de repaus și atunci este echivalentă cu schema N.

Algebric aceasta se notează prin:

$$N = \bar{L}.$$

Analog se obține:

$$L = \bar{N}.$$

Un circuit aflat în stare de lucru (închis) pentru orice situație a contactelor ce-l formează se notează cu 1. Această notație nu are sensul obișnuit al cifrei 1, ci se interpretează ca un efect ce se produce și este înregistrat de organul receptor al schemei.

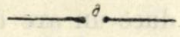
Analog, un circuit aflat în stare de repaus (deschis) pentru orice situație a contactelor se notează cu 0, iar interpretarea ce se dă în acest caz este aceea că efectul nu se produce, organul receptor al schemei nu înregistrează și nu poate înregistra nimic.

In cele ce urmează contactul normal deschis al unui releu (A), numit și contact de lucru se va nota algebric prin a. Acesta va fi închis atunci când bobina releului său va fi parcursă de curent.

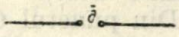
Analog, contactul normal închis al aceluiași releu, numit și contact de repaus, se va nota algebric prin $\bar{a}$. Acesta va fi deschis atunci când bobina respectivă va fi parcursă de curent.

*) Se definește prin poziție normală a unui contact, poziția în care se găsește acesta când bobina releului căruia îi aparține nu este parcursă de curent.

Schematic contactele se vor reprezenta prin întreruperea circuitului și notația algebrică respectivă.



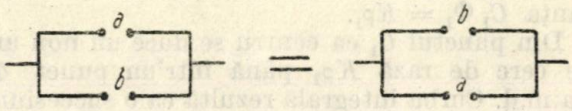
Contact de lucru al releului A (normal închis $-|\,|-$)



Contact de repaus al releului (normal închis $-\neq-$)

Contactele notate algebric ca mai sus se supun operațiilor de adunare și înmulțire având în schemă următoarele interpretări:

— Adunarea a două sau mai multe contacte reprezintă în schema echivalentă montarea lor în paralel.



$$a + b = b + a$$

Schema este în stare de lucru când lucrează releul A sau releul B sau amândouă deodată.

— Inmulțirea a două sau mai multe contacte reprezintă în schema echivalentă montarea lor în serie.

$$abc = acb$$

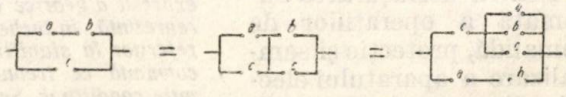
Schema este în stare se lucru când lucrează releele A, B și C deodată.

Termenii adunării și factorii înmulțirii se bucură de proprietățile de comutativitate și asociativitate.

Se vor da exemple de expresii algebrice cu scheme electrice ce le reprezintă

$$(a + b)\,c = ac + bc$$

Schema este în stare de lucru când lucrează releele A și C sau releele B și C sau toate deodată.



$$ab + c \quad = (a + c)\,(b + c) \quad = ab + c\,(a + b + c)$$

Schema este în stare de lucru când lucrează releul C sau releele A și B sau toate deodată.

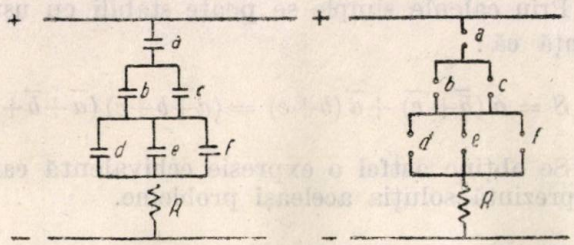
Negația sumei a două sau mai multe contacte este produsul negațiilor acestor contacte, iar negația produsului a două sau mai multe contacte este suma negațiilor acelor contacte.

$$\overline{a + b} = \bar{a} \cdot \bar{b}$$

$$\overline{a\,b} = \bar{a} + \bar{b}$$

Notă. Semnul $=$ folosit în relațiile ce se dau nu are semnificația de egalitate ci de echivalență.

Exemplu de notaţie şi reprezentare a unei scheme.



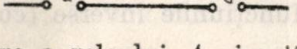
Schema desfăşurată — Schema algebrică

$a\,(b+c)\quad (d+e+f)$

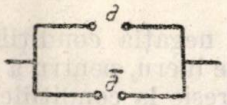
Expresia algebrică

In această schemă bobina R (organul receptor) va fi sub tensiune (va lucra) atunci când vor lucra releele A şi B sau A şi C în acelaşi timp cu releul D, E sau F, sau cu toate deodată.

Din cele stabilite mai sus rezultă :

$a \cdot \bar{a} = 0$ 

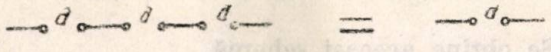
Pentru orice stare a releului A circuitul nu este parcurs de curent.

$a+\bar{a} = 1$ 

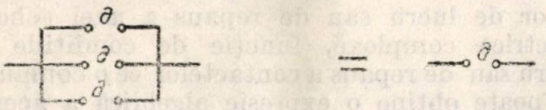
Pentru orice stare a releului A circuitul este parcurs de curent.

Deasemeni : $a \cdot 1 = a \qquad a \cdot 0 = 0$

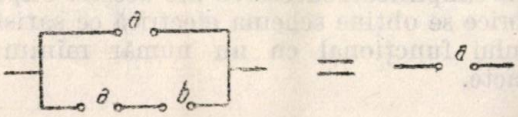
$a + 1 = 1 \qquad a + 0 = a$



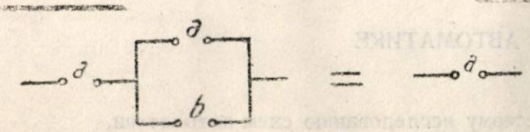
$a \cdot a \cdot a = a$



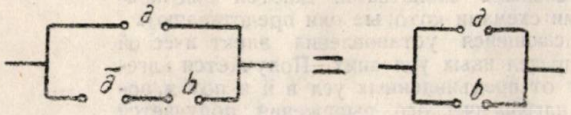
$a+a+a = a$



$a+ab = a\,(1+b) = a$

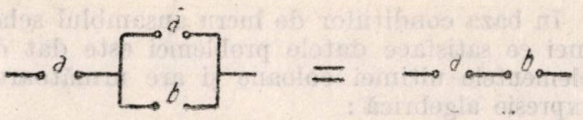


$a\,(a+b) = a+ab = a$

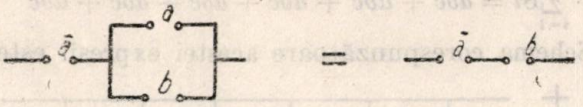


$a+\bar{a}\,b = a\,(b+1) + \bar{a}\,b = a+ab+\bar{a}b =$

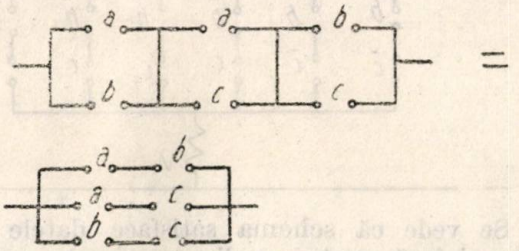
$= a+b\,(a+\bar{a}) = a+b$



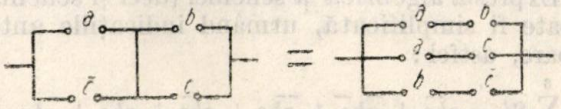
$a\,(\bar{a}+b) = a\,b$



$\bar{a}\,(a+b) = \bar{a}\,b$



$(a+b)\,(a+c)\,(b+c) = ab+ac+bc$



$(\bar{a}+\bar{c})\,(b+c) = a\,b+a\,c+b\,\bar{c}$

Condiţiile de lucru sau de repaus ale unei scheme complexe comandată de contactele mai multor relee permit obţinerea expresiei algebrice a schemei respective şi odată cu aceasta, reprezentarea ei funcţională.

Exemplu. Să se stabilească schema electrică de comandă (S) a releului V, depinzând de releele A, B şi C în următoarele condiţii :

1. Releul V să lucreze când unul din releele A, B, C se află în stare de lucru.
2. Releul V să lucreze când două din releele A, B şi C se află în stare de lucru.
3. Releul V să fie în repaus atunci când toate releele A, B şi C sunt în stare de lucru sau în stare de repaus.

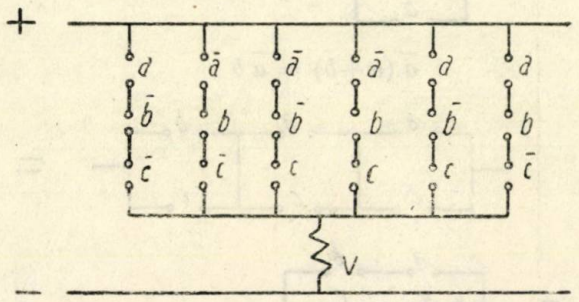
Datele problemei pot fi aranjate tabelar ţinând seama de condiţiile de lucru şi condiţiile de repaos.

	$y\ (a)$	$y\ (b)$	$y\ (c)$	$y\ (s)$	Si
Condiţii de lucru	∞	0	0	∞	$S_1 = a\,\bar{b}\,\bar{c}$
	0	∞	0	∞	$S_2 = \bar{a}\,b\,\bar{c}$
	0	0	∞	∞	$S_3 = \bar{a}\,\bar{b}\,c$
	∞	∞	0	∞	$S_4 = a\,b\,\bar{c}$
	∞	0	∞	∞	$S_5 = a\,\bar{b}\,c$
	0	∞	∞	∞	$S_6 = \bar{a}\,b\,c$
Condiţii de repaus	∞	∞	∞	0	$\bar{S}_1 = a\,b\,c$
	0	0	0	0	$\bar{S}_2 = \bar{a}\,\bar{b}\,\bar{c}$

In baza condițiilor de lucru ansamblul schemei ce satisface datele problemei este dat de elementele ultimei coloane și are următoarea expresie algebrică:

$$\sum_{i=1}^{6} Si = a\bar{b}\bar{c} + \bar{a}b\bar{c} + \bar{a}\bar{b}c + \bar{a}bc + ab\bar{c} + \bar{a}\bar{b}c$$

Schema corespunzătoare acestei expresii este:



Se vede că schema satisface datele problemei, însă pentru realizarea ei este necesară cantitatea de $3 \times 6 = 18$ contacte.

Expresia algebrică a schemei (deci și schema) poate fi simplificată, urmând indicațiile anterioare, astfel:

$$\sum_{i=1}^{6} Si = a\bar{b}\bar{c} + \bar{a}b\bar{c} + \bar{a}\bar{b}c + ab\bar{c} + a\bar{b}c + \bar{a}bc =$$

$$= a(\bar{b}\bar{c} + b\bar{c} + \bar{b}c) + \bar{a}(b\bar{c} + \bar{b}c + bc) =$$

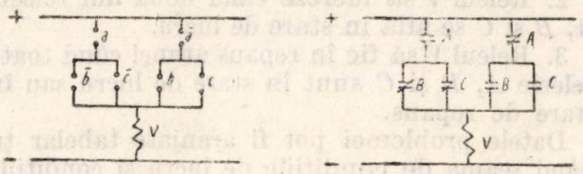
$$= a[\bar{b}(\bar{c} + c) + b\bar{c}] + \bar{a}[b(\bar{c} + c) + \bar{b}c] =$$

$$= a(\bar{b} + b\bar{c}) + \bar{a}(b + \bar{b}c) =$$

$$= a[(\bar{b} + b)(\bar{b} + \bar{c})] + \bar{a}[(b + \bar{b})(b + c)] =$$

$$= a(\bar{b} + \bar{c}) + \bar{a}(b + c).$$

Rezultă că aceași schemă se poate realiza de data aceasta cu 6 contacte (în loc de 18).



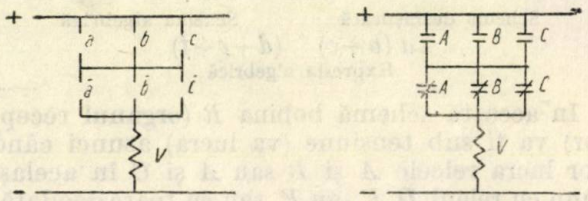
Schema algebrică — Schema desfășurată

Ultima expresie algebrică a schemei poate fi pusă sub altă formă.

Prin calcule simple se poate stabili cu ușurință că:

$$S = a(\bar{b} + \bar{c}) + \bar{a}(b + c) = (a + b + c)(\bar{a} + \bar{b} + \bar{c})$$

Se obține astfel o expresie echivalentă care reprezintă soluția aceleași probleme.



La același rezultat se poate ajunge considerând funcțiunile inverse (condițiile de repaus)

$$\sum_{i=1}^{2} \bar{S}i = a\,b\,c + \bar{a}\,\bar{b}\,\bar{c}$$

Intrucât negația condițiilor de repaos sunt condițiile de lucru, pentru a reveni dela această ultimă expresie la condițiile de lucru va trebui să se considere negația $\bar{S}$.

Prin aceasta produsul se transformă în sumă și invers.

$$\bar{S} = S = abc + \overline{\bar{a}\bar{b}\bar{c}} = (a + b + c)(\bar{a} + \bar{b} + \bar{c}).$$

Se obține aceeași schemă.

In concluzie rezultă că prin stabilirea condițiilor de lucru sau de repaus a unei scheme electrice complexe, funcție de condițiile de lucru sau de repaus a contactelor ce o comandă, se poate obține o expresie algebrică a acestei scheme.

Prin simplificări succesive ale acestei expresii algebrice se obține schema electrică ce satisface scopului funcțional cu un număr minim de contacte.

★

РАССЧЕТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В АВТОМАТИКЕ

Резюме

После ряда уточнений необходимых аналитическому исследованию схем автоматики, исходя от простого к сложному и установления условных знаков необходимых для алгебраических выкладок различных схем указывается что члены сложения и множители умножения пользуются переместительными и сочетательными свойствами. Даются ряд примеров алгебраических выражений с электрическими схемами которые они представляют.

В заключение рассматривается пример касающийся установления электрической схемы управления которая должна работать в определенных условиях Получается алгебраическое выражение этой схемы в зависимости от предъявленных усл в й и пот м, посредством последовательного упрощен я этого алгебраического выражения получается схема соответствующая функциональной цели, с минимальным числом контактов.

SISTEME DE ROTAȚIE SINCRONĂ CU MAȘINI ASINCRONE

(Din lucrările Institutului de Energetică al Academiei R. P. R.)

Ing. I. WEISSMAN

In articol se expune teoria sistemelor de rotație sincronă cu mașini asincrone, realizate după schema motoarelor asincrone legate sincron, schema cu mașini auxiliare de sincronizare și schema cu ax principal și se dau condițiile de stabilitate ale acestor sisteme, în forma lor de aplicare practică. Se expun metodele de alegere și calcul al acestor sisteme, în vederea utilizării lor la diferite cazuri de acționări sincrone, urmate de un exemplu practic de calcul în câteva variante.

Sistemul de rotație sincronă reprezintă o legătură electrică de sincronizare între axele unor posturi de lucru la care se cer viteze de rotație egale și unde legătura mecanică ar prezenta dificultăți mari din cauza lungimii arborilor respectivi, sau nici nu s'ar putea realiza. Acesta e de exemplu cazul avansării celor 2 picioare ale unei macarale portal de deschidere mare, coborîrea și ridicarea porților ecluzelor — așa cum s'a realizat în acționarea vanelor ecluzelor canalului Moscova-Volga, — antrenarea rolelor purtătoare dela laminoare, sincronizarea comenzii diferitelor mecanisme din industria textilă sau a hârtiei, etc.

Articolul de față tratează sistemele de rotație sincronă cu mașini asincrone, care sunt cele mai frecvente, expunând bazele lor teoretice devenite clasice precum și numeroase din concluziile — mai ales în direcția proiectării acestor sisteme pentru diferite acționări — elaborate de Colectivul Institutului de Energetică al Academiei R.P.R.

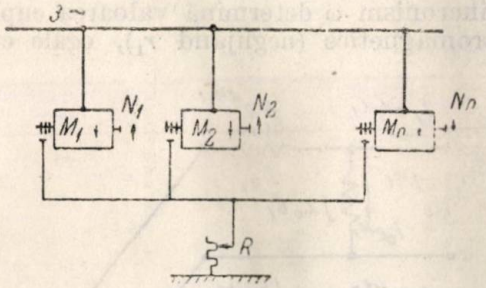


Fig. 1

Sistemele de rotație sincronă se pot realiza după una din următoarele 3 scheme : *a*) schema cu motoare asincrone legate sincron, unde se

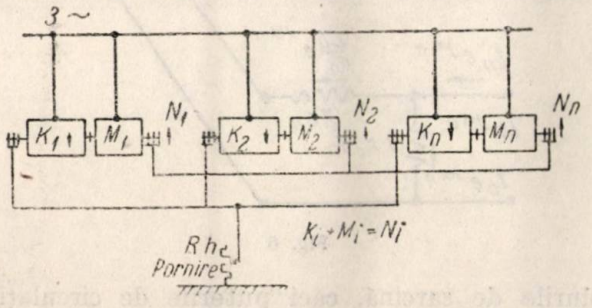
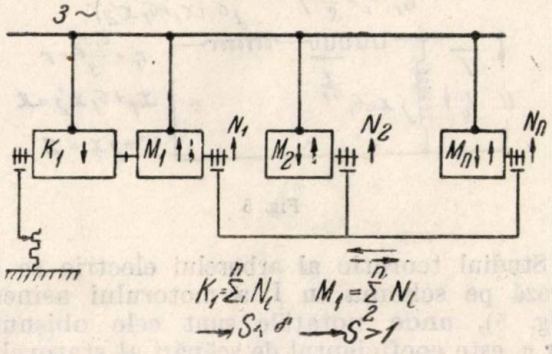


Fig. 2

folosesc pentru sincronizare chiar mașinile de antrenare (fig. 1) *b*) schema cu mașini auxiliare de sincronizare (fig. 2) *c*) schema „cu ax principal" folosind o mașină de antrenare a întregului sistem și mașini auxiliare de sincronizare și transmitere a puterii la fiecare post de lucru (fig. 3). Cu K, M, N s'au notat cuplul motorului de antrenare, cuplul mașinii de sincronizare și cuplul de sarcină.

Principiul de funcționare al unui sistem de rotație sincronă, numit uneori „arbore



Fip. 3

electric" prin analogie cu arborele mecanic, se poate expune pe schema fig. 1, în cazul cel mai simplu a 2 mașini bipolare (fig. 4), el

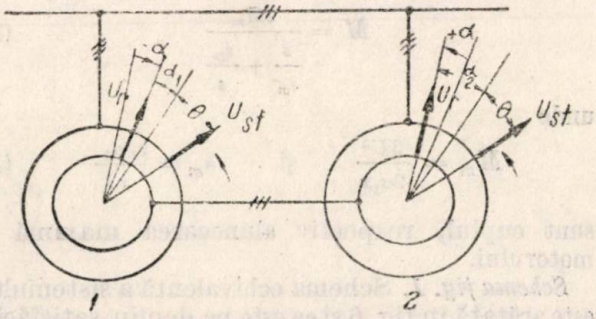


Fig. 4

extinzându-se ușor la cazul a n mașini multipolare, cu condiția ca aceste mașini să fie identice. Atâta timp cât între fazele omoloage rotorice nu apare nici un decalaj, tensiunile rotorice sunt în opoziție de fază, lipsesc curenții rotorici și cuplurile celor 2 mașini sunt nule. Dacă datorită cuplurilor de sarcină ale celor 2 mașini apare între rotoarele lor decalajul $\alpha_2 - \alpha_1 = \alpha$, cu totul analog unghiului de torsiune al unui arbore mecanic, ia naștere un curent de circulație între rotoare și deci un cuplu de sincronizare, care asigură egalitatea alunecărilor lor. Acest curent de circulație joacă același rol ca și niște reostate (putând avea și valori negative) conectate în rotoarele

celor 2 motoare şi reglabile astfel încât alunecările lor să fie identice. Cu cât alunecarea este mai mare, cu atât tensiunea rotorică creşte şi deci funcţionarea arborelui electric este mai sigură; pentru a merge mai departe cu analogia, alunecării îi corespunde grosimea arborelui mecanic. Se mai observă că circulaţia puterii sincronizante e condiţionată de jocul puterilor reactive ale motoarelor. Asigurarea alunecării apreciabile, în cazul schemei fig. 1, cade în sarcina reostatului rotoric; în lipsa acestuia, motoarele ar funcţiona chiar la sarcină nominală aproape de viteza de sincronism şi sistemul ar fi cu totul nestabil. Poziţia rotoarelor $\alpha=0$ ar corespunde situaţiei când rotoarele sunt deschise, iar $\alpha=180^0$, situaţiei când rotoarele sunt în scurt circuit.

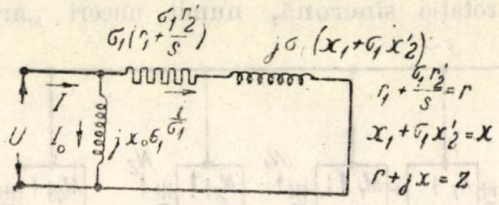


Fig. 5

Studiul teoretic al arborelui electric se bazează pe schema în Γ a motorului asincron (fig. 5), unde notaţiile sunt cele obişnuite, iar σ_1 este coeficientul de scăpări al statorului:

$$\sigma_1 = \frac{r_1 + j(x_1 + x_0)}{jx_0}$$

Cuplul motorului este, dacă se neglijează rezistenţa statorică

$$M = \frac{2M_m}{\frac{s}{s_m} + \frac{s_m}{s}} \qquad (1)$$

unde

$$M_m = \frac{3U^2}{2\sigma_1 x} \quad \text{şi} \quad s_m = \frac{r_2'\sigma_1}{x} \qquad (1)$$

sunt cuplul, respectiv alunecarea maximă a motorului.

Schema fig. 1. Schema echivalentă a sistemului este arătată în fig. 6 şi ea este pe deplin satisfăcătoare pentru motoare nu prea mici. Defazajul tensiunilor rotorice a fost înlocuit prin defazajul respectiv al tensiunilor statorice, adică s'a presupus că cele n maşini legate sincron sunt alimentate dela tensiunile $Ue^{j\alpha_1}$, $Ue^{j\alpha_2}$, $Ue^{j\alpha_n}$. Din schemă se deduce expresia generală a curentului rotoric:

$$i_k = \frac{Z + \frac{R'\sigma_1}{s}\left[n - \sum_l e^{j(\alpha_l - \alpha_k)}\right]}{Z\left(Z + n\frac{R'\sigma_1}{s}\right)} U \qquad (3)$$

unde R' este rezistenţa redusă la stator a reostatului comun, — şi a curentului statoric

$$I_k = I_0 + \frac{i_k}{\sigma_1}$$

unde

$$I_0 = \frac{U}{jx_0\sigma_1}$$

este curentul de mers în gol, identic cu al motorului asincron funcţionând singur.

Puterea absorbită de motorul al k-lea se calculează din expresia:

$$P_k = U\frac{I_k + I_{k\,conj}}{2} = \frac{U}{2\sigma_1}(i_k + i_{k\,conj})$$

scrisă în ipoteza neglijării rezistenţei statorice r_1. După transformări elementare şi ţinând seama de mărimile caracteristice (2) ale motorului asincron, se obţine în definitiv:

$$P_k = \frac{2M_m\omega}{n}\left\{\frac{n - \sum_l\left[\cos(\alpha_l - \alpha_k) + \frac{s}{s_m}\sin(\alpha_l - \alpha_k)\right]}{\frac{s}{s_m} + \frac{s_m}{s}} + \right.$$
$$\left. + \frac{\sum_l\left[\cos(\alpha_l - \alpha_k) + \frac{s}{s'_m}\sin(\alpha_l - \alpha_k)\right]}{\frac{s}{s'_m} + \frac{s'_m}{s}}\right\} \qquad (4)$$

unde

$$s'_m = \frac{(r'_2 + nR')\sigma_1}{x} = s_m\left(1 + n\frac{R'}{r'_2}\right) \qquad (5)$$

este alunecarea motorului asincron funcţionând cu reostat rotoric de rezistenţă echivalentă nR'. Această expresie împărţită cu vitesa de sincronism ω determină valoarea cuplurilor electromagnetice (neglijând r_1), egale cu cu-

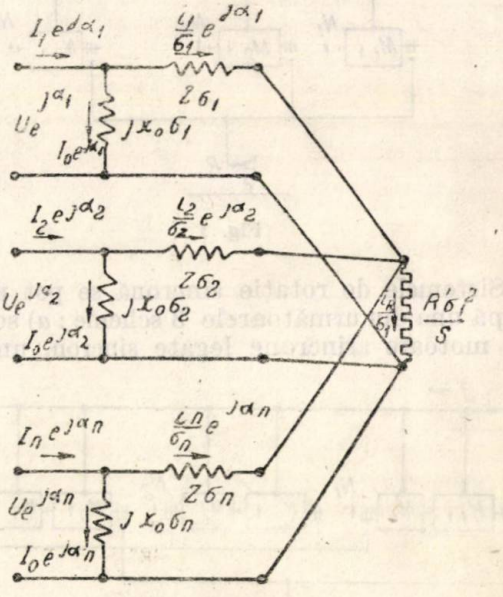


Fig. 6

plurile de sarcină, căci puterile de circulaţie au efect numai asupra alunecărilor. Plecând dela expresia exactă a cuplului motorului asincron şi cunoscând raportul dintre alunecarea motorului asincron când se ţine seama de r_1 şi alunecarea motorului când se negli-

jează r_1, se poate obține din (4) expresia exactă a cuplurilor electromagnetice ale motoarelor legate în arbore.

In tot ce urmează va fi considerat numai cazul a 2 posturi de lucru, ca cel mai frecvent întâlnit în practică, și se va neglija rezistența statorică. In acest caz cuplurile celor 2 mașini sunt :

$$M_{1,2} = M_m \left\{ \frac{1 - \cos\alpha \mp \frac{s}{s_m}\sin\alpha}{\frac{s}{s_m} + \frac{s_m}{s}} + \frac{1 + \cos\alpha \pm \frac{s}{s_m}\sin\alpha}{\frac{s}{s_m} + \frac{s_m}{s}} \right\} \quad (7)$$

Pentru fundamentarea diagramei circulare a schemei studiate, curenții rotorici (3) se scriu sub forma :

$$\left.\begin{aligned} i_1 &= i - \frac{i - i_R}{2}(1 + e^{j\alpha}) \\ i_2 &= i - \frac{i - i_R}{2}(1 + e^{-j\alpha}) \end{aligned}\right\} \quad (8)$$

unde

$$i = \frac{U}{Z\sigma_1} \quad \text{și} \quad i_R = \frac{U}{Z\sigma_1 + \frac{2R'\sigma_1}{s}}$$

sunt curenții rotorici ai motorului asincron funcționând fără, respectiv cu reostat rotoric $2R$. Rezultă următoarea construcție a diagramei circulare. Având construită diagrama circulară a uneia din cele 2 mașini funcționând ca motor asincron (fig. 7), se determină pe ea

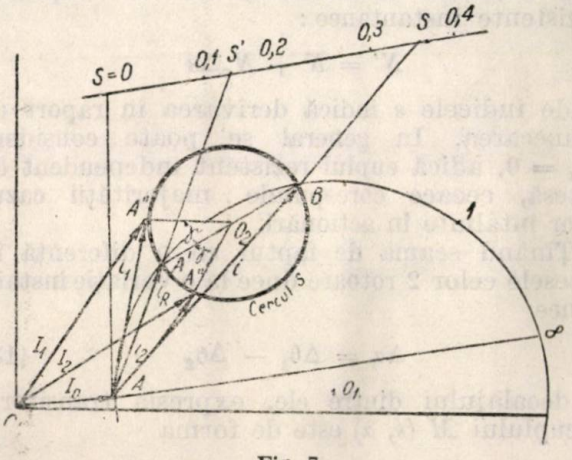


Fig. 7

curentul rotoric $i = AB$, corespunzător alunecării s la care va funcționa arborele, — și $i_R = AA'$, curentul rotoric la aceeași alunecare, dar cu reostat rotoric $2R$. Știind că relația dintre scările alunecării pentru aceste 2 regimuri de funcționare este :

$$\frac{s'}{s} = \frac{s_m}{s'_m} = \frac{1}{1 + 2\frac{R'}{r_2}},$$

curentul i_R se determină pentru alunecarea s' citită pe aceeași scară a alunecării la care a fost determinat i. Observând că $A'B = i - i_R$ și ducând din mijlocul O_2 al acestui segment vectorii O_2A'' și O_2A''' decalați cu unghiurile $+\alpha$ respectiv $-\alpha$ față de el, cercul cu dia-

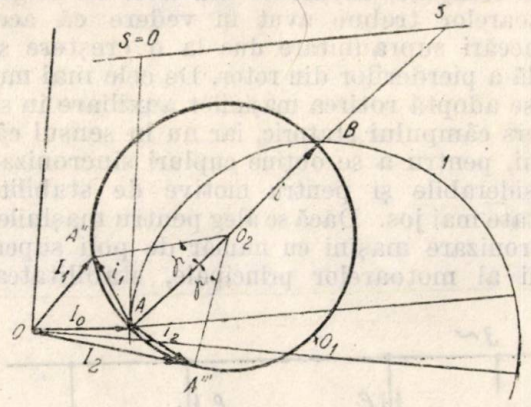


Fig. 8

metrul $A'B$ reprezintă, conform (8), locul geometric în raport cu α, pentru s și R dați, al vârfurilor vectorilor curenților rotorici ai arborelui : $AA'' = i_1$ și $AA''' = i_2$. Vectorii $OA'' = I_0 + i_1$ și $OA''' = I_0 + i$ reprezintă curenții statorici I_1 și I ai celor două mașini. Atât curenții statorici cât și cei rotorici ai arborelui se citesc la scările respective a curentului statoric și a curentului rotoric ai motorului asincron.

Schema fig. 2. Schema cu mașini auxiliare de sincronizare poate fi privită ca un caz particular al schemei precedente punând $R = \infty$ și deci $s'_m = 0$. Se obține atunci pentru curenții rotorici :

$$\left.\begin{aligned} i_1 &= \frac{U}{2Z}(1 - e^{j\alpha}) \\ i_2 &= \frac{U}{2Z}(1 - e^{-j\alpha}) \end{aligned}\right\} \quad (9)$$

iar pentru puterile absorbite, respectiv cupluri electromagnetice

$$P_{1,2} \equiv M_{1,2} = M_m \frac{1 - \cos\alpha \mp \frac{s}{s_m}\sin\alpha}{\frac{s}{s_m} + \frac{s_m}{s}}, \quad (10)$$

expresie care se poate pune, ca de altfel și (7), sub forma :

$$M = A + B\cos\alpha + C\sin\alpha. \quad (11)$$

Diagrama circulară reprezintă deasemenea un caz particular al celei precedente, știind că pentru $\alpha = 0$, $i_1 = i_2 = 0$, deci toate cercurile alunecărilor vor trece prin vârful vectorului curentului de mers în gol (fig. 8).

Expresiile (10) arată că cuplurile electromagnetice devin maxime pentru $\operatorname{tg}\alpha = \frac{s}{s_m}$ şi anume valoarea maximă a cuplului celui mai mare, P_2, are loc pentru $\frac{s}{s_m} = \sqrt{3}$ şi este cu 30% mai mare decât cuplul maxim M_m al acestei maşini funcţionând ca motor asincron. Asemenea valori mari ale cuplului au loc la alunecări s mari, care se obţin mai ales prin rotirea maşinilor auxiliare în sens invers sensului câmpului învârtitor statoric. In alegerea motoarelor trebue avut în vedere că aceste alunecări supraunitare duc la o creştere sensibilă a pierderilor din rotor. De cele mai multe ori se adoptă rotirea maşinilor auxiliare în sens invers câmpului statoric, iar nu în sensul câmpului, pentru a se obţine cupluri sincronizante considerabile şi pentru motive de stabilitate arătate mai jos. Dacă se aleg pentru maşinile de sincronizare maşini cu număr de poli superior celui al motoarelor principale, stabilitatea e

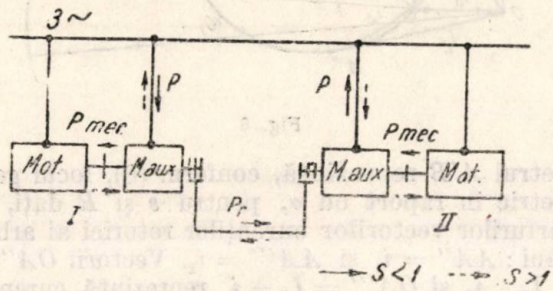


Fig. 9

periclitată în cazul rotirii în sensul câmpului, deoarece în momentul trecerii prin viteza de sincronism, ceeace are loc în timpul pornirii, cuplul sincronizant devine nul.

Modul de funcţionare al acestei scheme iese cel mai bine la iveală din considerarea bilanţului ei energetic, în care intră puterile absorbite P, date de (10), aproximativ egale cu cele electromagnetice, şi componentele ei : puterea $P_r = Ms\omega$ ce rămâne sub forma electrică în rotor şi puterea mecanică $P_{mec} = M(1\text{-}s)\omega$. Circulaţia puterilor se poate urmări pe fig. 9, unde săgeţile pline se referă la cazul antrenării maşinilor auxiliare în sensul câmpului, desigur cu vitesă subsincronă, iar cele punctate se referă la cazul antrenării în sens contrar câmpului — pentru ipoteza că sarcina grupului *I* este mai mare decât a grupului *II*. Fiecare din motoarele principale desvoltă un cuplu egal cu semisuma sarcinilor. De fapt, puterile absorbite de către maşinile auxiliare sunt egale, după cum se vede din expresia lor (10), numai dacă unghiul α este mic, când ele devin $\pm\omega C \sin\alpha$, care corespunde pe partea rotorului puterii sincronizante $\omega sC \sin\alpha$ care circulă între cele 2 maşini. Restul puterii absorbite, $\omega(A + B\cos\alpha)$, proporţional cu $1\text{-}\cos\alpha$, corespunde pe partea rotorică pierderilor din rezistenţa rotorului, (de acelaş semn pentru ambele maşini), ceeace rezultă imediat calculând patratul curentului rotoric cu ajutorul relaţiilor (9). Interpretând analog expresia (7) se observă că puterea sincronizantă, proporţională cu $\sin\alpha$, este micşorată faţă de cazul precedent printr'un termen care exprimă influenţa reostatului şi că ea creşte — pentru un unghiu α dat — odată cu valoarea rezistenţei acestuia.

Bilanţul energetic al *schemei cu ax principal* se poate urmări pe fig. 3. Din ea se vede că în cazul rotirii maşinilor în sensul câmpului, schema este analoagă cu cea din fig. 2, numai că rolul reostatului îl joacă maşina M_1, care funcţionează ca un convertizor de frecvenţă antrenat de maşina principală P_1. In cazul antrenării maşinilor în sens contrar câmpului, analogia rămâne întru totul valabilă, maşinile $M_2 \ldots M_n$ putând fi privite ca motoare cu alimentare rotorică.

STABILITATEA ARBORELUI ELECTRIC

Ca pentru orice alt sistem, stabilitatea arborelui electric se studiază sub cele 2 aspecte ale sale : stabilitatea statică şi stabilitatea dinamică. Studiul stabilităţii statice se face plecând dela ecuaţia regimului transitoriu al arborelui, adică ecuaţia diferenţială în $\Delta\theta$, deplasarea unghiulară instantanee a rotorului fiecărei maşini faţă de poziţia de regim (la alunecare constantă) a acestuia. In timpul regimului transitoriu, vitesele celor 2 maşini legate ca în schema 1 diferă faţă de vitesa de regim comună prin $\Delta\omega_1$, respectiv $\Delta\omega_2$, iar alunecările — prin Δs_1, respectiv Δs_2 faţă de alunecarea de regim comună s. Ecuaţiile generale de mişcare ale posturilor de lucru sunt :

$$J_{1,2}\frac{d\omega_{1,2}}{dt} = M'_{1,2} - N'_{1,2} \qquad (12)$$

unde J sunt momentele de inerţie ale agregatelor dela cele 2 posturi de lucru, M' — cuplurile motoare instantanee, iar N' cuplurile rezistente instantanee :

$$N' = N + N_s\Delta s$$

unde indicele s indică derivarea în raport cu alunecarea. In general se poate considera $N_s = 0$, adică cuplul rezistent independent de vitesă, ceeace corespunde majorităţii cazurilor întâlnite în acţionări.

Ţinând seama de faptul că o diferenţă în vitesele celor 2 rotoare duce la o variaţie instantanee

$$\Delta\alpha = \Delta\theta_1 - \Delta\theta_2 \qquad (13)$$

a decalajului dintre ele, expresia transitorie a cuplului $M(s, \alpha)$ este de forma

$$M' = M + \frac{\partial M}{\partial s}(\Delta s_1 + \Delta s_2) + \frac{\partial M}{\partial \alpha}\Delta\alpha.$$

Expresia (11) a cuplului arată că el se compune din două părţi : cuplul A, care este independent de influenţa celeilalte maşini şi cuplul $B\cos\alpha$

$+ C \sin \alpha$, care ține seama de influența celei de a doua mașini, prin intermediul unghiului de decalaj α. Această observație cât și o analiză riguroasă conduc la următoarea expresie a cuplului în timpul procesului transitoriu:

$$M'_{1,2} = M + A_s \Delta s_{1,2} + (B_s \cos\alpha \mp C_s \sin\alpha)\,\Delta s_{2,1} - \\ = (B \sin \alpha \pm C \cos \alpha)\,\Delta\alpha$$

Exprimând în funcție de $\Delta\theta$ pe

$$\Delta s_{1,2} = -\frac{1}{\omega}\,\frac{d\Delta\theta_{1,2}}{dt}$$

și

$$\frac{d\omega'_{1,2}}{dt} = \frac{d^2\Delta\theta_{1,2}}{dt^2}$$

în relațiile (12) și știind că în regim cuplul motor este egal cu cuplul de sarcină, aceste relații se transformă în sistemul de ecuații ale regimului transitoriu, de forma:

$$a''_1 \frac{d^2\Delta\theta_1}{dt^2} + a'_2 \frac{d\Delta\theta_1}{dt} + a'_2 \frac{d\Delta\theta_2}{dt} + a_1\Delta\theta_1 + a_2\Delta\theta_2 = 0$$

$$b''_2 \frac{d^2\Delta\theta_2}{dt^2} + b'_2 \frac{d\Delta\theta_2}{dt} + b'_1 \frac{d\Delta\theta_1}{dt} + b_2\Delta\theta_2 + b_1\Delta\theta_1 = 0 \qquad (14)$$

Se știe că pentruca sistemul să fie stabil, se cere ca rădăcinile ecuației lui caracteristice

$$p^3 + X_1 p^2 + X_2 p + X_3 = 0 \qquad (15)$$

să aibă părți reale negative. Această condiție poate fi îndeplinită prin aplicarea unuia din criteriile de stabilitate cunoscute, de exemplu criteriul lui Hurwitz:

$$(A)\ X_1 > 0 \quad (B)\ X_1X_2 - X_3 > 0 \quad (C)\ X_3 > 0 \qquad (16)$$

Schema fig. 1. Criteriul (A), în ipoteza că cele 2 posturi de lucru au momente de inerție apropiate ($J_1 \approx J_2$), se reduce la condiția $A_s > 0$ și se verifică cu ajutorul curbelor din fig. 10.

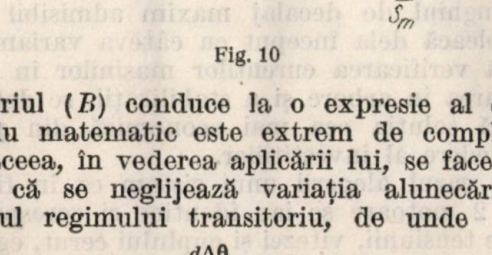


Fig. 10

Criteriul (B) conduce la o expresie al cărui studiu matematic este extrem de complicat. De aceea, în vederea aplicării lui, se face ipoteza că se neglijează variația alunecării în timpul regimului transitoriu, de unde

$$\frac{d\Delta\theta}{dt} = 0,$$

și ținând seama de (13), se obține în locul sistemului (14) ecuația:

$$\frac{d^2\Delta\alpha}{dt^2} + \left(\frac{a_1}{J_1} - \frac{b_1}{J_2}\right)\Delta\alpha = 0. \qquad (17)$$

Forma acestei ecuații arată că, în ipoteza făcută, se poate realiza numai regimul limită

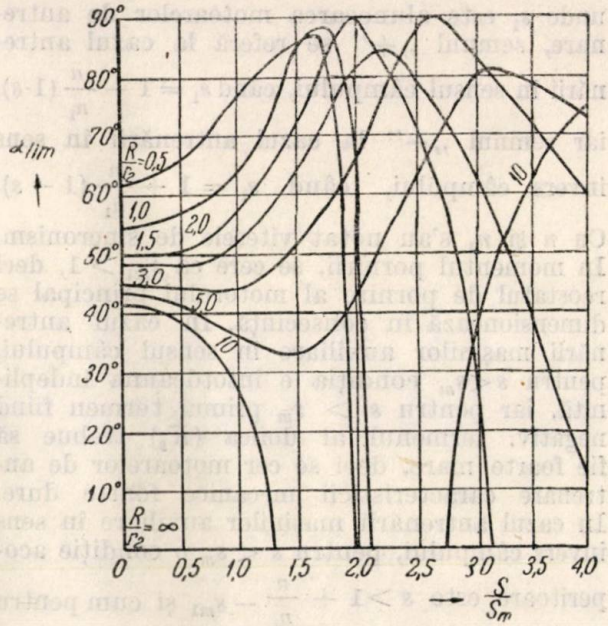


Fig. 11

de stabilitate (aperiodic). Criteriul de stabilitate devine

$$\frac{B\sin\alpha + C\cos\alpha}{J_1} - \frac{B\sin\alpha - C\cos\alpha}{J_2} > 0$$

și în cazul $J_1 \approx J_2$ el se reduce la

$$\alpha < 90^0 \qquad (18)$$

Insfârșit criteriul (C) explicitat este de forma:

$$A_s + B_s \cos\alpha + B\frac{C_s}{C}(\sec\alpha - \cos\alpha) > 0$$

și verificarea lui se poate face cu ajutorul curbelor din fig. 11, care indică unghiul de decalaj limită pentru o alunecare și o rezistență a reostatului comun date. Interesant este de observat că în cazul deconectării motoarelor dela rețea ($M = 0$), rotația sincronă devine imposibilă, deaceea pentru oprirea arborelui electric se procedează altfel și anume se deconectează reostatul comun și de abia după oprirea sistemului se deconectează cele 2 statoare dela rețeaua de alimentare.

Schema fig. 2. De astă dată, ecuația generală de mișcare se scrie:

$$J_{1,2}\frac{d\omega'_{1,2}}{dt} = K + M'_{1,2} - N_{1,2} \qquad (19)$$

unde K este cuplul motor al motoarelor de antrenare, presupuse identice. Se vede că rolul jucat în cazul precedent de cuplul de sarcină N îl joacă acum cuplul K-N. Criteriul (A) se scrie deci în acest caz

$$A_s + K_s < 0$$

sau explicit

$$\frac{\left(\frac{s_m}{s}\right)^2-1}{\left(\frac{s}{s_m}+\frac{s_m}{s}\right)^2}\frac{M_m}{s_m}\pm\frac{n}{n_1}\frac{2K_m\left(\frac{s_{m1}}{s_1^2}-\frac{1}{s_{m1}}\right)}{\left(\frac{s_1}{s_{m1}}+\frac{s_{m1}}{s_1}\right)^2}>0 \quad (20)$$

unde s_1 este alunecarea motoarelor de antrenare, semnul „+" se referă la cazul antrenării în sensul câmpului, când $s_1 = 1 - \frac{n}{n_1}(1-s)$, iar semnul „−" la cazul antrenării în sens invers câmpului, când $s_1 = 1 + \frac{n}{n_1}(1-s)$. Cu n şi n_1 s'au notat vitesele de sincronism. In momentul pornirii, se cere ca $s_{m1} > 1$, deci reostatul de pornire al motorului principal se dimensionează în consecinţă. In cazul antrenării maşinilor auxiliare în sensul câmpului, pentru $s < s_m$ condiţia e întotdeauna îndeplinită, iar pentru $s > s_m$ primul termen fiind negativ, termenul al doilea (K_s) trebue să fie foarte mare, deci se cer motoarelor de antrenare caracteristicii mecanice foarte dure. In cazul antrenării maşinilor auxiliare în sens invers câmpului, pentru $s < s_m$ o condiţie acoperitoare este $s > 1 + \frac{n}{n_1} - s_{m1}$ şi cum pentru motorul de antrenare, presupus că funcţionează fără reostat rotoric, $s_{m1} < 1$, rezultă condiţia $\frac{n}{n_1} < s < s_m$, deci se cere $s_m \geqslant \frac{n}{n_1}$. Aceasta se realizează prin introducerea în serie în circuitul rotoric comun al maşinilor de sincronizare a unor rezistenţe suplimentare. Pentru $s > s_m$, se cere deasemenea motorului de antrenare să aibă caracteristici mecanice cât mai dure. Se observă că în cazul particular când motoarele de antrenare sunt identice cu cele de sincronizare, singura posibilitate de funcţionare stabilă a acestora în arbore constă în rotirea lor în sens invers câmpului.

Criteriul (B) conduce ca şi în cazul schemei din fig. 1 la condiţia (18). Criteriul (C) explicitat devine:

$$\pm\frac{n}{n_1}\frac{2K_m\left(\frac{s_{m1}}{s_1^2}-\frac{1}{s_{m1}}\right)}{\left(\frac{s_1}{s_{m1}}+\frac{s_{m1}}{s_1}\right)^2}-\frac{M_m s_m(1-\cos\alpha)}{\left(\frac{s}{s_m}+\frac{s_m}{s}\right)^2}\left(\frac{1}{s_m^2}+\frac{1+2\sec\alpha}{s^2}\right)^2>0 \quad (21)$$

deci şi în acest caz se cer motoare de antrenare cu caracteristici foarte dure (fără reostat rotoric la funcţionarea în regim). Şi pentru această schemă, stabilitatea este periclitată în cazul deconectării motoarelor de antrenare şi deaceea oprirea sistemului se face prin deconectarea dela reţea numai a motoarelor de antrenare, maşinile de sincronizare continuând să funcţioneze până la oprirea sistemului.

In cazul *schemei cu ax principal* (fig. 3), condiţiile de stabilitate (A) şi (C) se deduc la fel ca pentru cazul precedent, cu deosebirea că aici $P_2 = 0$. Explicit aceste condiţii se scriu:

$$\frac{J_2+J_1}{J_2}\frac{\left(\frac{s_m}{s}\right)^2-1}{\left(\frac{s}{s_m}+\frac{s_m}{s}\right)^2}\frac{M_m}{s_m}\pm\frac{n}{n_1}\frac{2K_{m1}\left(\frac{s_{m1}}{s_1}-\frac{1}{s_{m1}}\right)}{\left(\frac{s_1}{s_{m1}}+\frac{s_{m1}}{s_1}\right)^2}>0 \quad (22)$$

respectiv:

$$\frac{\left(\frac{s_m}{s}\right)^2-1}{\left(\frac{s}{s_m}+\frac{s_m}{s}\right)^2}\frac{M_m}{s_m}\cos\alpha(1-\cos\alpha)-\frac{2\sin^2\alpha}{\left(\frac{s}{s_m}+\frac{s_m}{s}\right)^2}\frac{M_m s_m}{s^2}\pm\frac{n}{n_1}\frac{K_{m1}\left(\frac{s_{m1}}{s}\right)^2-1}{s_{m1}\left(\frac{s}{s_{m1}}+\frac{s_{m1}}{s}\right)^2}\cdot\left(\frac{s_m}{s}\sin\alpha+\cos\alpha\right)>0 \quad (23)$$

In privinţa criteriului (B), în cazul acestei scheme ca şi a celorlalte două, el poate fi în general neluat în seamă, deoarece condiţiile tehnice ale posturilor de lucru impun decalajului α o limită inferioară celei impuse de acest criteriu.

Stabilitatea dinamică trebue examinată mai ales pentru condiţiile grele de funcţionare ale sistemului, când sunt posibile variaţii bruşte de sarcină, mai ales acelea care duc la schimbarea semnului decalajului α. Condiţia de stabilitate dinamică cere ca trecerea dela un regim caracterizat prin decalajul α_i, corespunzător unei anumite repartiţii a cuplurilor de sarcină, la un regim caracterizat prin unghiul a_f, corespunzător unei alte repartiţii a cuplurilor de sarcină, să se facă prin oscilaţii amortizate în jurul acestei noi poziţii. Dacă α este unghiul de decalaj maxim atins în timpul procesului transitoriu, condiţia de mai sus se traduce grafic prin condiţia ca curbele

$$y = \cos\alpha \text{ şi } y = -\alpha\sin\alpha_f + \cos\gamma_i + \alpha_i\sin\alpha_f \quad (24)$$

să aibă un punct de intersecţie diferit de $\alpha = \alpha_i$.

METODE DE CALCUL

Deobicei când se cere proectarea unei instalaţii de arbore electric, se dau curbele de variaţie în timp ale cuplurilor de sarcină N_1 şi N_2 şi unghiul de decalaj maxim admisibil α_{max}. Se pleacă dela început cu câteva variante şi, după verificarea curenţilor maşinilor în funcţionarea în arbore şi a stabilităţii, se definitivează soluţia cea mai economică din punct de vedere al investiţiilor.

In cazul alegerii unui sistem ca în fig. 1, cele 2 motoare se iau identice şi corespunzătoare tensiunii, vitezei şi cuplului cerut, egal cu cuplul de sarcină. Cuplul nominal se ia cel mai apropiat de cuplul echivalent din punct de

vedere al încălzirii. Pentru motoare date cunoscute, deci cuplu maxim M_m dat şi α_{max}, M_1 şi M_2 cunoscuţi, rezistenţa relativă R/r_2 a reostatului comun şi alunecarea relativă s/s_m rezultă în mod univoc, după cum arată sistemul de ecuaţii (7). Găsirea acestor valori se poate face grafic, trasând curbele

$$\frac{M_2 - M_1}{2M_m} \quad \text{şi} \quad \frac{M_2 + M_1}{2M_m} = f\left(\frac{s}{s_m}\right)$$

pentru diferite valori R/r_2 ca parametru şi intersectând curbele $s/s_m = f\,(R/r_2)$ ce rezultă din cele 2 familii de curbe anterioare pentru valorile date ale cuplurilor M_1 şi M_2. Odată fixată valoarea rezistenţei reostatului comun, se poate determina alunecarea şi decalajul α pentru un alt regim de funcţionare procedând în mod analog, rolul parametrului R/r_2 jucându-l acum unghiul α.

Cu ajutorul diagramei circulare se verifică încălzirea maşinilor, din condiţia ca curentul echivalent din punct de vedere al încălzirii (media patratică) să fie cât mai apropiat de curentul nominal, iar cu ajutorul curbelor fig. 10 şi 11 se verifică stabilitatea sistemului.

In cazul alegerii unui sistem ca în fig. 2, presupunând motoarele de antrenare identice şi cuplurile maşinilor de sincronizare aproximativ egale în valoare absolută, cuplul motoarelor de antrenare rezultă egal cu media aritmetică a cuplurilor de sarcină. Motorul de antrenare e perfect determinat cunoscând cuplul echivalent respectiv nominal, vitesa şi tensiunea de alimentare. Cât priveşte maşinile de sincronizare, pentru α_{max} dat şi diferenţa maximă între cuplurile $M_2 - M_1$, alegând un anumit s/s_m rezultă din curbele din fig. 12 (formula 10) un anumit

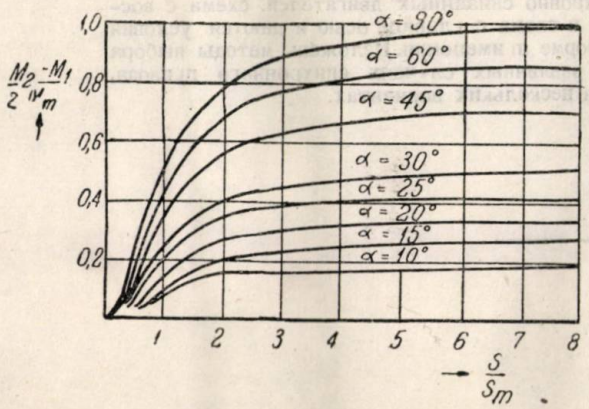


Fig. 12

cuplu maxim M_m. La tensiunea dată a reţelei rezultă din seria de maşini curente un anumit motor; cunoscând alunecarea lui maximă s_m, se deduce alunecarea şi deci viteza lui, care trebue să coincidă cu viteza postului de lucru. Afară de această cerinţă, s/s_m trebue să satisfacă condiţiile de stabilitate şi este avantajos a-l lua cât mai mare pentrucă atunci, la o diferenţă dată între cupluri, rezultă un cuplu maxim M_m mai mic (fig. 12), deci o maşină mai mică. Dar creşterea raportului s/s_m dincolo de o anumită limită nu mai este eficientă în această privinţă. Se vede şi de aici de ce soluţia cu rotirea maşinilor auxiliare în sens contrar câmpului este cu mult cea preferată în practică. Verificarea curenţilor şi deci a încălzirii se face tot cu ajutorul diagramei circulare, iar a stabilităţii — cu ajutorul rela-

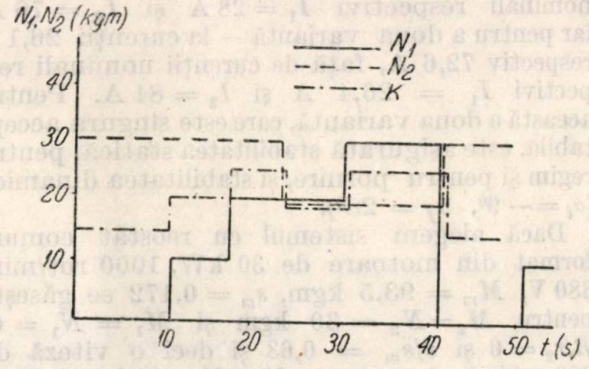


Fig. 13

ţiilor (20) şi (21). Este necesară verificarea stabilităţii la pornire, pentru care se ia de exemplu acoperitor $\alpha = \alpha_{max}$.

In cazul alegerii unui sistem ca în fig. 3, motorul principal se alege pentru suma cuplurilor de sarcină, iar pentru celelalte 2 maşini se procedează absolut la fel ca în cazul precedent, numai că stabilitatea se verifică cu relaţiile (22) şi (23).

Exemplu de calcul. Curbele cuplurilor de sarcină sunt date în fig. 13, $\alpha_{max} = 30^0$, viteza 1 000 rot/min, tensiunea 3×380 V.

Să alegem sistemul cu maşini de sincronizare, deocamdată cu sens de rotaţie în sensul câmpului. Din curba cuplului motorului de antrenare (fig. 13) rezultă un cuplu eficace $K = 21{,}2$ kgm şi alegem un motor de 21 kW, 1000 rot/min, 380 V, $K_m = 66{,}8$ kgm, $s_{m1} = 0{,}183$, $s_1 = 0{,}028$. Pentru $M_2 - M_1 = 30$ kgm, rezultă pe curba $\alpha = 30^0$ din fig. 13, pentru $s/s_m = 3$ de exemplu, $M_m = 33{,}3$ kgm şi deci un motor de 14 kW, 1500 rot/min, 380 V, $M_m = 41{,}2$ kgm, $s_m = 0{,}175$, $s = 0{,}175 \times 3 = 0{,}525$ şi viteza de antrenare de 715 rot/min, foarte depărtată de cea cerută de 1000 rot/min.

Pentru aceeaşi maşină se obţine o viteză de antrenare de 1000 rot/min pentru $s = 0{,}333$ sau $s/s_m = 1{,}9$ căreia îi corespunde, la $(M_2 - M_1)/2\,M_m = 0{,}364$, unghiul $\alpha = 28^0 < \alpha_{max}$. Dacă ar rezulta $\alpha < \alpha_{max}$, ar trebui aleasă o maşină de putere mai mare la aceeaşi turaţie. In nici un caz stabilitatea nu permite ca maşinile auxiliare să aibă aceeaşi viteză de sincronism ca cele principale. In cazul antrenării maşinilor de sincronizare în sens invers câmpului, când $s = 1{,}972$, s/s_m are o valoare mare şi pentru $\alpha = 30^0$ se poate lua $(M_2 - M_1)/2\,M_m = 0{,}5$ de unde $M_m = 30$ kgm şi deci un motor de 11 kW, 1000 rot/min, 380 V, $M_m = 32{,}5$ kgm,

$s_m = 0{,}259$ ($s/s_m = 7{,}68$). Rezultă clar avantajul celei de a 2-a variante, care conduce la mașini de sincronizare mai mici.

Determinarea curenților din diagrama circulară pentru unghiurile $\alpha = 28^0$, 18^0, 9^0, 0^0 și -9^0 corespunzătoare diferențelor între cuplurile $M_1 - M_2 = N_1 - N_2$ citite pe diagrama fig. 13 conduce pentru prima variantă la un curent statoric echivalent de 33 A și un curent rotoric echivalent de 88,6 A, față de curenții nominali respectivi $I_1 = 28$ A și $I_2 = 76$ A, iar pentru a doua variantă — la curenții 26,1 A respectiv 72,6 A, față de curenții nominali respectivi $I_1 = 26{,}4$ A și $I_2 = 84$ A. Pentru această a doua variantă, care este singura acceptabilă, este asigurată stabilitatea statică, pentru regim și pentru pornire, și stabilitatea dinamică ($\alpha_t = -9^0$, $\alpha_f = 28^0$).

Dacă alegem sistemul cu reostat comun, format din motoare de 30 kW, 1000 rot/min, 380 V, $M_m = 93{,}5$ kgm, $s_m = 0{,}172$ se găsește pentru $M_2 = N_2 = 30$ kgm și $M_1 = N_1 = 0$, $R/r_2 = 6$ și $s/s_m = 0{,}63$ și deci o viteză de 883 rot/min, iar pentru $M_2 = N_2 = 30$ kgm, $M_1 = N_1 = 10$ kgm, cu același reostat comun, $\alpha = 3{,}5^0$ și $s/s_m = 1{,}88$, deci o turație de 676 rot/min. Dacă se alege un motor mai mare, de 100 kW (s !), 1000 rot/min, 380 V, $M_m = 277$ kgm, $s_m = 0{,}131$, se găsește $R/r_2 = 17{,}5$, $s/s_m = 0{,}386$ deci viteza de 950 rot/min pentru primul regim de funcționare și $\alpha = 1{,}45^0$, $s/s_m = 1{,}58$ deci viteza de 793 rot/min pentru al doilea regim de funcționare. Se vede că această a doua soluție este cu totul neacceptabilă.

In general, în cazul unor diferențe relative mari între cuplurile de sarcină, soluția care convine din punct de vedere tehnic și economic este sistemul din fig. 1, pe când adoptarea sistemului fig. 2 ar conduce la pierderi considerabile în circuitul rotoric comun și la o dependență sensibilă a turației față de sarcină. In schimb, acest din urmă sistem este mult mai economic pentru cazul unor diferențe relative mici ale cuplurilor de sarcină. Sistemul din fig. 3 se utilizează rar, deoarece comportă investiții mari, totuși utilizarea lui poate deveni rațională în cazul unui raport mare între momentele de inerție ale posturilor de lucru, mai ales atunci când în calitate de mașină principală se utilizează o mică parte a puterii unui motor care îndeplinește în principal o altă funcție.

Bibliografie

1. *M. P. Costenco*: Mașini Electrice (Partea specială), Gosenergoizdat 1949.
2. *I. M. Sadovschi*: Sisteme de rotație sincronă cu motoare asincrone, Gosenergoizdat 1948.
3. *D. P. Morozov*: Principiile de bază ale dispozitivelor electrice de acționare. Editura Tehnică 1952.

★

СИСТЕМЫ СИНХРОННОГО ВРАЩЕНИЯ С АСИНХРОННЫМИ МАШИНАМИ

Резюме

В статье излагается теория систем синхронного вращения с асинхроннами машинами, выполненных по схеме асинхронных синхронно связанных двигателей. схема с вспомогательными синхронизирующими машинами и схема с главной осью и даются условия устойчивости этих систем, в и практической форме применения. Изложены методы выбора и рассчета этих систем ввиду их применения в различных случаях синхронного привода, дополненные практическим примером рассчета в нескольких вариантах.

MODELE PENTRU STUDIUL FENOMENELOR ELECTRICE

Ing. D. MARC

In prima parte a articolului, după ce se arată pe scurt aportul oamenilor de știință și a tehnicienilor sovietici în rezolvarea problemelor teoretice și practice de apărare contra supratensiunilor de origină atmosferică, se arată dificultățile de ordin matematic întâmpinate în rezolvarea acestor probleme. Se arată apoi că aplicarea teoriei similitudinei în rezolvarea problemelor electrotehnice, au dus la crearea de modele de scheme pentru apărarea contra supratensiunilor atmosferice. Sunt arătate condițiunile necesare și suficiente pentru reprezentarea prin modele a fenomenelor tranzitorii din schemele electrice, precum și soluțiile folosite în practica reprezentării prin modele. In partea doua a articolului sunt descrise o parte din cercetările teoretice și experimentale privind reprezentarea prin modele a caracteristicilor tensiune-timp, efectuate de autor în laboratorul de înaltă tensiune a Institutului Energetic din Ivanovo.

A. FOLOSIREA TEORIEI SIMILITUDINII IN STUDIUL SUPRATENSIUNILOR DE ORIGINE ATMOSFERICĂ

Apărarea de trăznete a preocupat omenirea încă din cele mai vechi timpuri.

Hieroglife datate de pe vremea lui Ramses III arată că pentru apărarea templului de trăsnet a existat o construcție metalică de 50 m înălțime, cu vârful aurit.

Mai târziu întâlnim adnotări despre trăznet la Romani și Greci.

Prima interpretare științifică a descărcărilor atmosferice a fost dată în 1753 de M. V. Lomonosov, în referatul prezentat Academiei din Petersburg la 26 Noembrie. Aici Lomonosov arată legătura dintre electricitate și descărcările atmosferice și își desvoltă așa numita teorie a „frecării" : procesul de electrizare a norilor se produce prin frecarea particelelor de abur din curenții de aer ascendenți.

Cu trei ani mai târziu avem lucrările lui Franklin care, deasemenea, arată natura electrică a fulgerelor.

După această perioadă, mult timp nu s'a adus aproape nimic nou în acest domeniu.

La începutul secolului XX, odată cu desvoltarea vertiginoasă a electrotehnicii și apariția liniilor de înaltă tensiune, problema supratensiunilor atmosferice reapare ca o problemă de cea mai mare actualitate.

Apărarea obiectelor de supratensiuni atmosferice a trecut prin mai multe etape, legate de cunoștințele tehnice ale perioadelor respective.

Apariția oscilografului catodic și folosirea lui în cercetarea fenomenelor tranzitorii, datorate supratensiunilor atmosferice a dat posibilitate oamenilor de știință să înregistreze detaliile acestor procese.

In Uniunea Sovietică, începând cu perioada primului plan cincinal, cercetările au fost duse în mod sistematic pe întreaga întindere a țării.

Acest lucru a dat posibilitate savanților sovietici să culeagă un bogat material, care împreună cu lucrările experimentale și teoretice au ajutat la rezolvarea problemelor de apărare contra supratensiunilor și au făcut din Uniunea Sovietică țara cea mai avansată și în acest domeniu.

Pleiada de savanți și specialiști ai Institutului Energetic al Academiei de Științe al U.R.S.S., școala profesorului Smurov depe lângă Institutul Electrotehnic din Leningrad, Institutul Politehnic din Harcov și Leningrad și sute de tehnicieni care lucrează în sistemele energetice ale Uniunii Sovietice au rezolvat și rezolvă zi cu zi problemele practice ale apărării de supratensiuni atmosferice.

Rezolvarea apărării sistemelor întâmpină însă greutăți foarte mari, datorită complexității fenomenelor ondulatorii care apar în circuitele electrice și a căror expresie matematică duce la ecuații diferențiale în cele mai multe cazuri nelineare de ordin superior, a căror rezolvare nu este cunoscută sau care se integrează numai cu anumite aproximații.

Numai în cazurile cele mai simple aceste metode dau rezultate bune. Integrarea grafică lărgește într'o oarecare măsură grupul problemelor rezolvabile. Totuși, aceste metode sunt dificile.

In ultimii ani, datorită succeselor obținute prin folosirea teoriei similitudinii (desvoltată de Kirnicev) în rezolvarea problemelor electrotehnice, au apărut și modele de scheme de apărare de supratensiuni atmosferice.

Reprezentarea prin modele poate fi realizată fizic sau matematic cu ajutorul teoriei similitudinii.

In cazul reprezentării prin modele fizice, în care fenomenele din model sunt aceleași ca și în original, procesele din model reprezintă fizic caracterul procesului din original.

Reprezentarea matematică se bazează pe faptul că fenomene fizice deosebite se pot exprima prin aceleași ecuații matematice. In acest caz, fenomenul fizic din model diferă de fenomenul din original, dar se exprimă prin aceleași ecuații sau prin ecuații apropiate.

In cele ce urmează se arată condițiile necesare și suficiente pentru reprezentarea prin modele a fenomenelor tranzitorii din schemele electrice, precum și soluțiile folosite în practica reprezentării prin modele.

Condițiile similitudinii dintre fenomenul tranzitoriu din model și fenomenul real în orice punct de coordonate (x) în orice timp (t) se scriu :

$$\left.\begin{aligned} U_m(x_m; t_m) &= vU(x, t) \\ i_m(x_m, t_m) &= ai(x, t) \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

$$\left.\begin{aligned} x_m &= m\,x \\ t_m &= s\,t \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

In ecuații U, i, x și t sunt tensiunea, curentul, coordonata și timpul pentru schema reală; U_m, i_m, x_m și t_m, aceleași mărimi pentru model, iar m, s, v și a sunt scările de reprezentare respective.

Se arată pe exemple simple determinarea parametrilor modelului din aceste condiții.

a. Determinarea rezistenței.

Se scrie legea lui Ohm pentru schema reală și model:

$$\left.\begin{aligned} U - Ri &= 0 \\ U_m - R_m i_m &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

folosind relațiile (1) și (2), avem:

$$\frac{U_m}{v} - R\frac{i_m}{a} = 0. \qquad (3')$$

Din condiția egalității celor două relații rezultă:

$$R_M = R\frac{v}{a} \qquad (4)$$

b. Determinarea inductivității.

Se scrie analog:

$$\left.\begin{aligned} U - L\frac{di}{dt} &= 0 \\ U_m - L_m\frac{di_m}{dt_m} &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

$$\frac{U_m}{v} - \frac{S}{a}L_m\frac{di_m}{dt_m} = 0 \qquad (5')$$

$$L_m = \frac{U_m}{\frac{di_m}{dt_m}} = \frac{vs}{a}L \qquad (6)$$

In cazul parametrilor uniform repartizați, parametrii modelului se determină analog. Tabela 1 cuprinde corelațiile pentru scheme cu parametri concentrați, iar tabela 2 corelațiile pentru scheme cu parametrii uniform repartizați.

Tabela 1

Mărimea	Parametrul: elementului schemei	Parametrul: elementului din model	Scara de reprezentare
Rezistență activă .	R	$R_m = \frac{v}{a}R$	$\rho = \frac{v}{a}$
Conductanță activă	G	$G_m = \frac{a}{v}G$	$g = \frac{a}{v}$
Inductivitate . . .	L	$L_m = \frac{vs}{a}L$	$l = \frac{vs}{a}$
Capacitate	C	$C_m = \frac{as}{v}C$	$c = \frac{as}{v}$

In cazul studiului pe modele al schemelor de apărare a substațiilor și rețelelor prezintă interes deosebit elementele cu parametri uniform distribuiți.

Tabela 2

Mărimea	Parametrul: schemei	Parametrul: modelului	Scara de reprezentare
Rezistență activă .	R'	$R'_m = \frac{v}{ma}R'$	$\rho' = \frac{v}{ma}$
Conductanță activă	G'	$G'_m = \frac{a}{mv}G'$	$g' = \frac{a}{mv}$
Inductivitate. . . .	L'	$L'_m = \frac{vs}{ma}L'$	$l' = \frac{vs}{ma}$
Capacitate.	C'	$C'_m = \frac{as}{mv}C'$	$c = \frac{as}{mv}$

Se stabilesc corelațiile dintre viteza de propagare a undelor, timp și lungime în schema reală și în model în cazul parametrilor uniform repartizați.

Se notează cu v, t și l; v_m, t_m și l_m vitesa, timpul și lungimea în schema reală și în model.

Scara reprezentării prin model pentru fiecare din parametri va fi:

$$\left.\begin{aligned} m_v &= \frac{v_m}{v}; \\ m_t &= \frac{t_m}{t}; \\ m_l &= \frac{l_m}{l}; \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

Pentru orice punct al schemei reale și a modelului se pot scrie relațiile:

$$\left.\begin{aligned} l &= vt \\ l_m &= v_m t_m \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

Rezultă:

$$m_l = m_v m_t, \qquad (9)$$

adică numai două din scări pot fi alese arbitrar.

Se analizează relația (9).

1. Luând $m_l = m_v = m_t = 1$, se obține un model în mărime naturală. Modele de acest gen au anumite avantaje dar se folosesc foarte rar, fiindcă sunt foarte costisitoare (în special la tensiuni înalte, ocupă mult loc și cer instalații de mare putere. Un astfel de model a fost realizat la Harcov, în anii 1937–1939 [5].

In general se folosesc modele mult mai mici decât schema reală. Deci $m_l < 1$.

Și în acest caz există câteva variante:

2. Dacă se alege $m_l < 1$ și $m_v = 1$, pentru ca vitezele undelor în schema reală și model să fie egale, rezultă din relația (9):

$$m_t = \frac{m_l}{m_v} = m_l < 1.$$

Modelul prezintă avantajul că este extrem de simplu. Schema substației se realizează din

conducte standard, iar aparatele se reprezintă prin capacități echivalente capacității de intrare a sistemului (transformatori, întreruptori etc.). Principalul inconvenient este micșorarea scării timpului. Măsurările și înregistrările oscilografice cer în acest caz o îndemânare deosebită, iar erorile se măresc proporțional cu scara timpului. Un astfel de model a fost realizat în Institutul Electrotehnic din Leningrad [6].

3. Dacă se alege $m_t > 1$, rezultă din relația (9):

$$m_v = \frac{m_l}{m_t} < 1.$$

Pentru a realiza o viteză de propagare a undelor în model mai mică decât în schema reală, conductele modelului se pot reprezenta în modele prin circuite iterate, având ca elemente cuadripoli în TT sau în T (fig. 1 *a* și *b*).

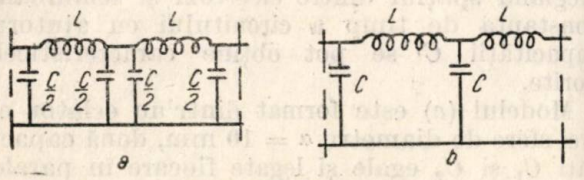


Fig. 1

Micșorarea vitezei de propagare se poate obține prin mărirea capacității și inductivității. Alegând un m_v foarte mic, se poate ajunge la viteze înregistrabile la oscilograful electromagnetic.

Acest lucru duce în schimb la mărirea simțitoare a prețului de cost. Un astfel de model a fost realizat la Institutul Politehnic din Leningrad[4]

Când se folosesc oscilografe catodice pentru înregistrare se pot lua capacități și inductanțe mai mici. In acest caz modelul devine mult mai ușor compact și ieftin [8].

4. Alegând în relația (9) $m_t = 1$, se obține:

$$m_l = m_v.$$

Rezultă că trebue să se micșoreze viteza undelor proporțional cu micșorarea lungimii modelului față de schema reală.

In general, lungimea modelului este determinată de condițiile locale (mărimea încăperii disponibile). Micșorarea vitezei se obține tot cu ajutorul cuadripolilor în TT sau T (fig. 1), dar inductivitatea și capacitatea elementelor pot fi luate mult mai mici (limita inferioară este condiționată de influența capacităților parazitare). Astfel se poate reliza un model economic. In acest caz, înregistrările oscilografice devin comode pentru interpretarea rezultatelor, deoarece scara timpului este egală cu unitatea ($m_t = 1$) [9].

In 1948, s'a realizat la Institutul Politehnic din Leningrad schema complexă a unui analizator al protecției substației contra supratensiunilor atmosferice, cu ajutorul teoriei matematice a similitudinii. In această schemă, procesele tranzitorii sunt reprezentate în lămpi electronice, elementele cu parametrii uniform repartizați fiind reprezentați prin circuite iterate de cuadripoli. Schema prezintă avantajul că este compactă permite urmărirea proceselor la oscilograful montat împreună cu schema și se alimentează dela rețeaua normală de 220/127 V.

Din cele arătate se poate vedea că folosirea teoriei similitudinii și a teoriei matematice a modelelor ușurează mult rezolvarea problemelor legate de supratensiuni atmosferice.

Realizarea planului nostru de electrificare prevede crearea unor sisteme energetice legate prin linii de înaltă tensiune. Rezolvarea protecției contra supratensiunilor a sistemelor noastre este o problemă de cea mai mare actualitate. Intreruperea alimentării cu energie electrică a raioanelor industriale din cauza supratensiunilor atmosferice poate duce la neîndeplinirea planurilor de producție.

Studierea pe modele a schemelor de protecție ajută la găsirea soluțiilor optime și poate da rezultate pozitive la proiectare.

Folosind și în această direcție experiența Uniunii Sovietice, putem ușura mult munca personalului de exploatare a sistemelor, putem ridica siguranța alimentării cu energie electrică a industriei noastre socialiste în continuă desvoltare.

B. REPREZENTAREA PRIN MODELE A CARACTERISTICEI TENSIUNE-TIMP A ECLATORILOR

In cele ce urmează se arată o parte dintr'o cercetare teoretică și experimentală privind reprezentarea prin modele a caracteristicelor tensiune timp, efectuată de autor în laboratorul de înalte tensiuni a Institutului Energetic din Ivanovo și expusă în cadrul cercului științific studențesc.

După cum s'a mai arătat, protecția contra supratensiunilor a substațiilor este o problemă de mare răspundere datorită faptului că rezolvarea exactă a ecuațiilor diferențiale de ordin superior care descriu fenomenele nu se cunoaște sau se rezolvă numai aproximativ; în cele mai multe cazuri, alegerea schemei de protecție se făcea, până în ultimii ani, prin aproximații succesive [7].

Incepând din 1939, metoda grafico-analitică a lui M. V. Costenco [3] se utilizează cu precădere în U.R.S.S., dând rezultate bune în cazul unor scheme simple. Desavantajul principal al acestor metode constă în faptul că rezolvarea cu ajutorul lor a problemelor necesită foarte mult timp, rezolvarea este greoaie, implică erori de 10...15% și în cazul schemelor mai complicate, soluțiile devin inutilizabile.

In ultimul timp, schemele de protecție se rezolvă tot mai des pe modele.

In mod obișnuit, modelele sunt realizate la scară redusă, deși acest lucru nu e obligatoriu. In modelele la scară redusă liniile și barele sunt modelate prin lanțuri de cuadripoli, formate din inductivități și capacități concentrate, iar aparatele și transformatorii prin capacități echivalente egale cu capacitatea lor de intrare.

Caracteristicele tensiune — curent și tensiune — timp ale eclatorilor se reprezintă prin scheme modele speciale.

In prezentul articol se tratează numai modelarea caracteristicelor tensiune timp. Această caracteristică $U_s = f(t_s)$ reprezintă relația dintre valoarea instantanee maximă a undei de șoc, care precedă străpungerii și timpul de întârziere a descărcării electrice.

In mod obișnuit, această relație se determină de către fabrici sau laboratoare pe cale experimentală pentru izolatori și eclatori și se dă în cataloage prin două puncte sau sub formă de curbe.

Fenomenul de întârziere a descărcării electrice are un caracter statistic datorit : *a*) timpului de așteptare a condițiilor prielnice descărcării (apariția electronului inițial) și *b*) timpului în care se formează descărcarea.

Ambele timpuri depind în special de tensiunea la care este supus intervalul de descărcare.

Datorită caracterului statistic al fenomenului de descărcare, determinările experimentale ale caracteristicei tensiune-timp nu dau o curbă determinată, ci acoperă un întreg domeniu. Acest domeniu poate fi împărțit într'un șir întreg de caracteristici care determină o anumită probabilitate de formare a descărcării.

In practică se indică des curbele cu probabilitatea $\psi = 50\%$. In cazul studiului schemelor de protecție pentru izolație limita inferioară a domeniului $\psi = 0$ prezintă interes, iar pentru aparatele de protecție (eclatori) limita superioară $\psi = 100\%$.

Reprezentarea prin modele a caracteristicelor

In cursul cercetărilor, am studiat trei modele, dintre care ultimele două originale s'au realizat și folosit pentru studiul schemelor de protecție.

In fig. 2 s'au reprezentat schemele principiale ale celor trei modele.

Modelul (*a*) este format dintr'un tiratron, rezistența R și capacitatea variabilă C. In momentul incidenței pe model a unor unde de anumită formă, tensiunea pe grilă a tiratronului variază în funcție de constanta de timp a circuitului ($T = RC$).

Când tensiunea atinge tensiunea de aprindere, tiratronul se aprinde și reproduce fenomenul de tăiere al undei de supratensiune de către eclator.

Schema are desavantajul că depinde în mare măsură de parametrii lămpii și nu redă caracterul statistic al fenomenului.

Modelul (*b*) are la bază o idee a doctorului Stecolnicov, folosită de el în scheme de oscilografare. Elementul principal al modelului este un eclator cu trei electrozi. In momentul în care tensiunea pe capacitatea C atinge nivelul de străpungere a intervalului dintre electrodul (2) și (3), se produce o scânteie de excitare. Deformarea câmpului dintre electrozii principali (1) și (2) și ionizarea spațiului din apropierea electrodului de excitare, provoacă străpungerea spațiului dintre electrozii principali și ca atare tăierea undei de supratensiune. Reglând spațiul dintre electrozi și schimbând constanta de timp a circuitului cu ajutorul capacității C se pot obține caracteristicele dorite.

Modelul (*c*) este format dintr'un eclator cu trei sfere de diametru $\alpha = 10$ mm, două capacități C_1 și C_2 egale și legate fiecare în paralel cu unul din intervalele de descărcare ale eclatorului. Paralel cu C_2 se leagă rezistența R.

Spațiile dintre sfere sunt egale și de ordinul 0,05...0,15 mm. In primul moment, tensiunea aplicată se repartizează invers proporțional cu capacitățile și tensiunea pe intervalele dintre sfere și nu este suficientă pentru a produce străpungerea. Apoi începe descărcarea capacităților prin rezistența R, tensiunea nu se mai repartizează uniform, intervalul paralel cu capacitatea C_1 se străpunge și practic în același timp se străpunge și intervalul al doilea.

Reglând distanța dintre sfere și rezistența R se pot obține diferite caracteristici.

Să analizăm regimul tranzitoriu al acestui model (*c*) (pentru celalalte două modele relațiile se pot obține pe aceeași cale și dau rezultate destul de simple).

Precum s'a arătat mai sus eclatorul este străpuns când tensiunea pe capacitatea C_1 atinge tensiunea de străpungere a spațiului S_1, care la rândul ei depinde de distanța dintre sfere. In funcție de schimbarea unuia dintre

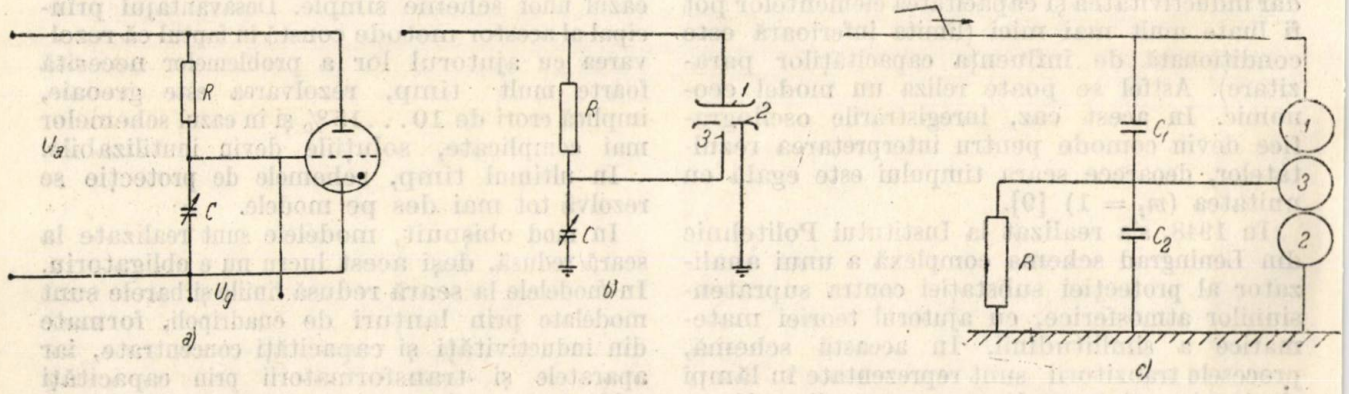


Fig. 2 *a, b, c.*

parametrii modelului, se obține o familie de curbe a căror ecuație o căutăm.

Determinăm tensiunea pe capacitatea C_1 în cazul acționării unui impuls dreptunghiular de durată infinită (curent continuu).

Soluția generală se scrie :

$$U_{C_1}(t) = U\left(1 - \frac{C_1}{C_1+C_2} e^{-\frac{t}{R(C_1+C_2)}}\right) \quad (10)$$

In cazul nostru $C_1 = C_2$ și relația se scrie mai simplu :

$$U_{C_1}(t) = U\left(1 - \frac{1}{2} e^{-\frac{t}{T}}\right) \quad (10')$$

unde $T = 2RC_1$ este constanta de timp a circuitului.

In cazul general, când schema este supusă unei supratensiuni de formă diferită de cea dreptunghiulară, soluția se obține prin intermediul integralei lui Duhamel. In practica inginerească, în cazul studiului supratensiunilor atmosferice se întrebuințează pentru calcul unda simplificată reprezentată în fig. 3.

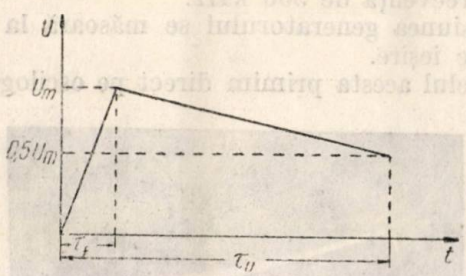


Fig. 3

Tensiunea punții crește linear. După timpul τ_f unda atinge un maxim și scade tot linear atingând după timpul τ_u jumătate din tensiunea maximă.

O undă de acest fel se poate obține din suprapunerea a două unde infinite cu înclinări diferite și deplasate în timp cu τ_f.

$$U(t) = at + b(t - \tau_f); \quad (11)$$

unde $a = \frac{U_m}{\tau_f}$ este înclinarea primei unde, iar b înclinarea undei deplasate.

b se determină din condiția ca la timpul $t = \tau_u$ unda să aibă valoarea $\frac{U_m}{2}$; $b = -\frac{U_m}{2} \frac{2\tau_u - \tau_f}{\tau_u - \tau_f}$; (fig. 4).

Scriem integrala lui Duhamel sub forma :

$$h(t) = h(0)\, A(t) + \int_0^t h'(t-\xi)\, A(\xi)\, d\xi ; \quad (12)$$

In cazul nostru :

$$U_{c_1}(t) = U(o)\, A(t) + \int_0^t U'(t-\xi)\, A(\xi)\, d\xi \quad (12')$$

unde : $U(0) = 0$; $U_1'(t-\xi) = \frac{U_m}{\tau_f}$.

$0 < t < \tau_f$

$$U_2'(t-\xi) = -\frac{U_m}{2} \frac{2\tau_u - \tau_f}{\tau_u - \tau_f} ;$$

$$A(t) = \left(1 - \frac{1}{2} e^{-\frac{t}{T}}\right).$$

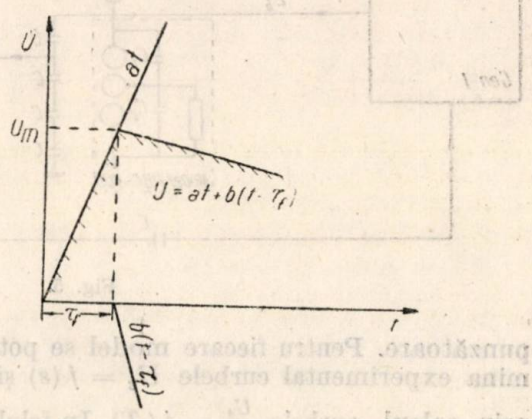


Fig. 4.

Inlocund valorile lui $U(t)$ și $A(t)$, integrăm în intervalele $0 < t < \tau_f$ și $t > \tau_f$.

a) $0 < t < \tau_f$

$$U_{c_1}(t) = \int_0^t \frac{U_m}{\tau_f}\left(1 - \frac{1}{2} e^{-\frac{\xi}{T}}\right) d\xi = \frac{U_m}{\tau_f}\left|\xi + \frac{T}{2} e^{-\frac{\xi}{T}}\right|_0^t \quad (13)$$

$$U_{c_1}(t) = \frac{U_m}{\tau_f}\left[t + \frac{T}{2}\left(e^{-\frac{t}{T}} - 1\right)\right] \quad (13')$$

b) $t > \tau_f$

$$U_{c_1}(t) = \int_0^t \frac{U_m}{\tau_f}\left(1 - \frac{1}{2} e^{-\frac{\xi}{T}}\right) d\xi -$$

$$- \int_{\tau_f}^t \frac{U_m}{2} \frac{2\tau_u - \tau_f}{\tau_u - \tau_f}\left(1 - e^{-\frac{\xi}{T}}\right) d\xi \quad (14)$$

$$U_{c_1}(t) = \frac{U_m}{\tau_f}\left[t + \frac{T}{2}\left(e^{-\frac{t}{T}} - 1\right)\right] -$$

$$- \frac{U_m}{2} \frac{2\tau_u - \tau_f}{\tau_u - \tau_f}\left[t - \tau_f + \frac{T}{2}\left(e^{-\frac{t-\tau_f}{T}} - 1\right)\right] \quad (14')$$

Egalând tensiunea pe capacitatea C_1 cu tensiunea de străpungere a eclatorului, obținem ecuația caracteristicei tensiune timp a modelului.

$$U_s = \frac{U_m}{\tau_f}\left[t + \frac{T}{2}\left(e^{-\frac{t}{T}} - 1\right)\right] -$$

$$- \frac{U_m}{2} \frac{2\tau_u - \tau_f}{\tau_u - \tau_f}\left[t - \tau_f + \frac{T}{2}\left(e^{-\frac{t-\tau_f}{T}} - 1\right)\right] \quad (15)$$

Analizând această ecuație ,vedem că în cazul când unda este dată, ecuația depinde numai de constanta de timp a conturului (T) și ten-

siunea de străpungere a eclatorului U_s care la rândul ei este funcție de distanța dintre sfere s.

Pentru a obține caracteristica dorită, determinăm din curba $U_s = f(s)$ distanța necesară între sfere și alegem constanta de timp corespunzătoare. Pentru fiecare model se pot determina experimental curbele $U_s = f(s)$ și ridica prin calcul curbele $\frac{U_s}{U_m} = f(T)$. In felul acesta se poate ușor modela caracteristica dorită.

Ridicarea experimentală a caracteristicii tensiune timp a modelului a fost realizată cu

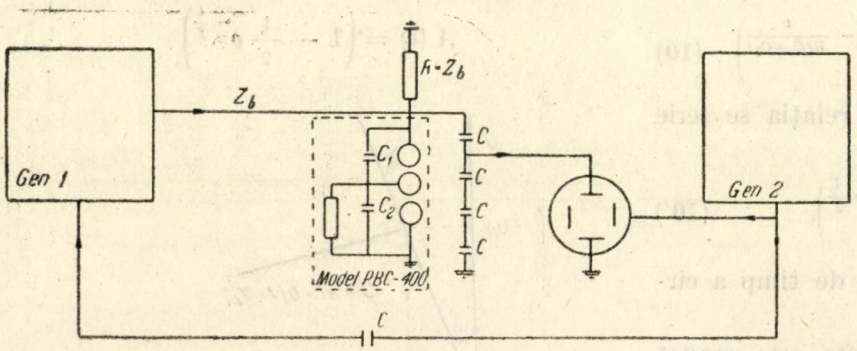


Fig. 5.

oscilograful electronic. Schema de lucru se prezintă în fig. 5.

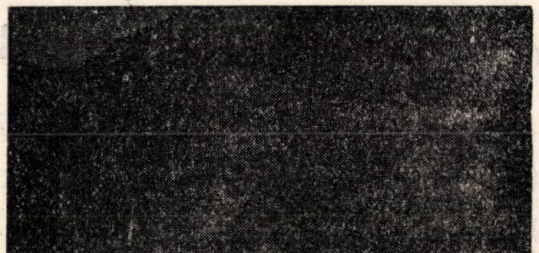


Fig. 6.

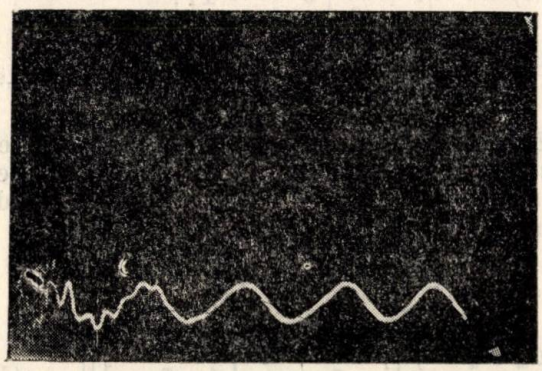


Fig. 7.

Generatorul de șoc 1 trimite impulsuri de formă constantă și amplitudine reglabilă, în linie. Modelul de eclator este montat în capătul liniei și tensiunea pe el se oscilografează. Pentru a evita dublarea undei la capătul liniei, paralel cu eclatorul se montează o rezistență egală cu impedanța de undă a liniei.

Sincronizarea se realizează cu ajutorul unuia din modelele de eclator, realizate pe schema fig. 2 *b*. Dela generatorul de șoc, care alimentează oscilograful, printr'o capacitate mică (în cazul nostru un element dintr'un lanț de izolatori $\Pi - 4{,}5$) se primește în momentul descărcării o tensiune pe electrodul excitator.

Acesta produce descărcarea generatorului de șoc 1 și unda pornește pe linie în momentul în care raza apare pe ecranul oscilografului.

Tensiunea și timpul se măsoară direct pe oscilograme. Pentru aceasta, în locul eclatorului se montează generatorul de frecvență înaltă cu o frecvență de 500 kHz.

Tensiunea generatorului se măsoară la bornele de ieșire.

In felul acesta primim direct pe oscilograme

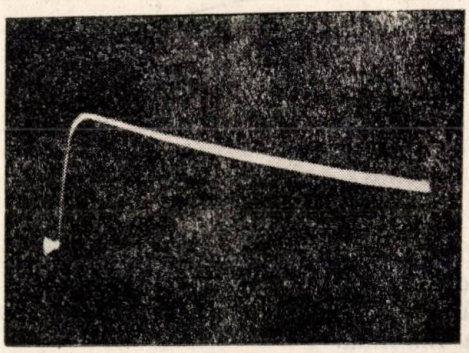


Fig. 8.

scara tensiunii și timpului. Această metodă este simplă și dă rezultate bune în practică.

In fig. 6...9 sunt prezentate oscilograme cu scări de tensiune și timp la vitesa 1-a și 2-a

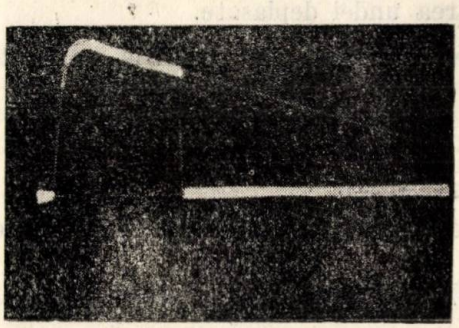


Fig. 9.

și două oscilograme caracteristice. Fig. 8 reprezintă un impuls de amplitudine mai mică decât

U_x. Fig. 9 reprezintă un impuls tăiat de eclator după atingerea maximului,

Pe fig. 10 este reprezentat domeniul caracteristicii tensiune timp pentru cazul $R = 100\,k\Omega$; $C = 30\,pF$; $s = 0{,}1$ mm; și unda exponențială $\tau_u = 60\,\mu s$; $\tau_f = 2\,\mu s$; (fig. 8).

Pentru același caz a fost calculată caracteristica tensiune timp pe baza formulei (15).

Determinarea experimentală a curbei $U_s = f(s)$ a fost făcută la frevența industrială (50 Hz).

Deaceea se obțin valori mai scăzute pentru U_s însă bazându-se pe faptul că în câmpuri uniforme coeficientul de impuls $\beta = \frac{U_i}{U_{50\,Hz}}$ este aproximativ

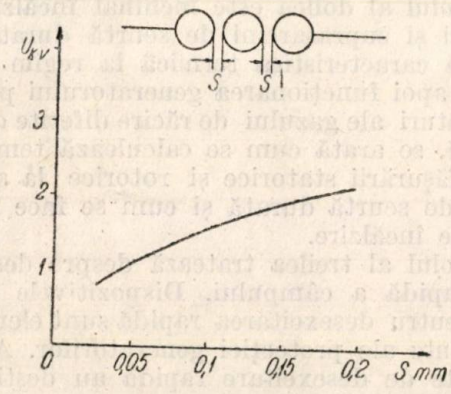


Fig. 11

egal cu 1 și considerând câmpul dintre sfere în cazul distanțelor de ordinul 0,1 mm uniform, putem într'o primă aproximație folosi aceste date. După fixarea distanței la oscilograf se poate aprecia eroarea.

In fig. 11 s'a reprezentat curba $U_s = f(s)$ ridicată la frecvența 50 Hz. Depe curbă primim pentru o distanță dată direct U_s și reciproc. In fig. 10 curba punctată reprezintă caracteristica ridicată pe baza formulei (15).

După cum se vede, curba experimentală verifică cu aproximație suficient de bună curba teoretică, ceeace arată că reprezentarea prin model în acest fel a caracteristicei tensiune timp, poate fi întrebuințată cu succes în cercetările de laborator.

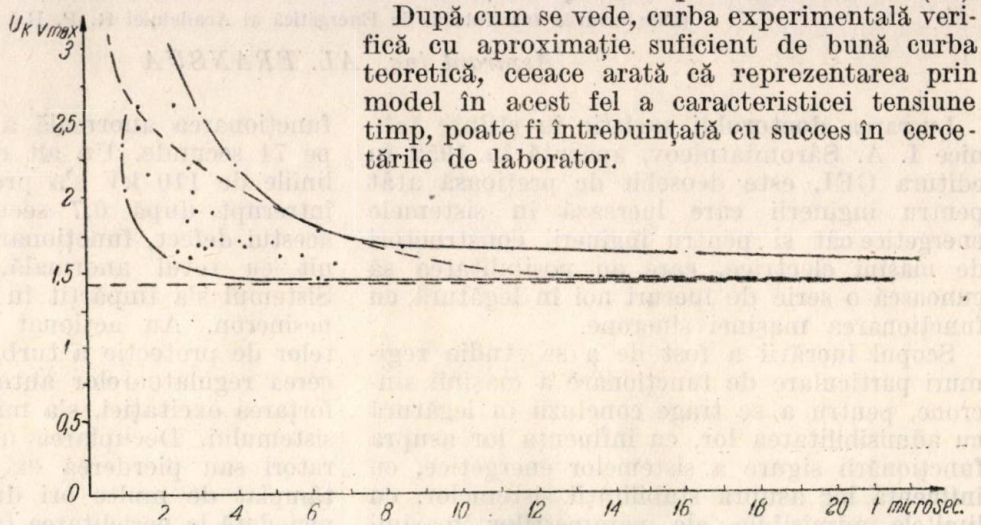


Fig. 10.

Modele de acest tip sunt întrebuințate în laboratorul de tensiune înaltă a Institutului Energetic din Ivanovo, la studiul schemelor de protecție a substațiilor de 400 kV de supratensiuni atmosferice.

Bibliografie

[1] *Stecolnicov I. A.*: Fizica molnii i grozozaşcită. Ed. Academia Nauc SSSR 1943.

[2] *Costenco M. V.*: Atmosfernâe perenapreajenia i grozozaşcita vâscovoltnâh ustanovoc. Gosenergoizdat, 1949.

[3] *Costenco M. V.*: Metod podcasatelnoi v primenenii c rascetam perenaprejenii. Electricestvo, 1 (1939).

[4] *Costenco M. V., Scerbacev* și *Naşatâri O. P.*: Prințipâ electricescogo modelirovania dlia isledovania perehodnâh proțesov i ih prilogenia c voprosam grozozaşcită J.T.F. XVII 1947.

[5] *Otujnâi A. C., Fertiy S. M.*: Isledovanie shem zascită ot perenapreajenia po stanții 35 kV na prostranstvenoi modeli. Electriceschie stanții 1 (1938).

[6] *Maşchileison L. E., Necrasov M. M.*: Laboratornâe isledovania shem zascită ot perenapreajenii. Electricestvo 19-1937.

[7] *Biulei B.*: Volnovâe proțesâ v liniah peredacii i transformatorah ONTI 1938;

[8] *Marc D.* și *Stoleru S.*: Primenenie teorii podobia dlea modelirovania linii electroperedaci, Ed. I.E.I. 1951.

[9] *Marc D.* și *Stoleru S.*: Modelirovani evoltsecundnoi haracteristichi mnogopredelnogo razreadnica Ed. I.E.I. 1952.

[10] *Marc D.*: Modelirovanie voltsecundnoi haracteristichi razreadnica P.B.C. —400 kV, Ed. I.E.I. 1953

★

МОДЕЛИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Резюме

В первой части статьи после краткого описания вклада советских научных и технических работников в решение теоретических и практических вопросов защиты от атмосферных перенапряжений, указываются математические трудности встречающиеся при решении этих вопросов.

Далее указывается что применение теории подобия при решении электротехнических задач, привело к разработке моделей схем защиты от атмосферных перенапряжений. Указаны необходимые и достаточные условия для моделирования переходных процессов в электрических схемах, а также и примененные в практике моделирования решения.

Во второй части статьи описанны часть теоретических и экспериментальных исследований касающихся моделирования характеристик напряжение—время, проведенных автором в высоковольтной лаборатории Ивановского Энергетического Института.

REGIMURI DE FUNCȚIONARE ALE GENERATORILOR SINCRONI

(Din lucrările Institutului de Energetică al Academiei R. P. R.)

Aspirant ing. AL. FRANSUA

Lucrarea doctorului sovietic în științe tehnice I. A. Sâromiatnicov, apărută în 1952 în editura GEI, este deosebit de prețioasă atât pentru inginerii care lucrează în sistemele energetice cât și pentru inginerii constructori de mașini electrice, care au posibilitatea să cunoască o serie de lucruri noi în legătură cu funcționarea mașinei sincrone.

Scopul lucrării a fost de a se studia regimuri particulare de funcționare a mașinii sincrone, pentru a se trage concluzii în legătură cu admisibilitatea lor, cu influența lor asupra funcționării sigure a sistemelor energetice, cu influența lor asupra stabilității sistemelor, cu limitele admisibile ale parametrilor mașinii sincrone în cazul unor asemenea regimuri. Deseori aceste regimuri sunt cauzate de defecte sau accidente. Studiul unor asemenea regimuri de funcționare, studiu amănunțit cu cât mai multe concluzii practice, este deosebit de important numai dacă ne gândim la micșorarea producției industriale și întreruperea proceselor tehnologice provocate de întreruperea alimentării consumatorilor industriali cu energie electrică.

Cartea începe cu studiul excitației mașinilor sincrone, punându-se un accent deosebit pe studiul forțării excitației. Practica modernă a arătat în mod convingător că sistemele de excitație a mașinei sincrone, indiferent dacă este turbo- sau hidrogenerator, motor sau compensator, trebue să îndeplinească următoarele condiții, legate de stabilitatea mașinei însăși cât și a întregului sistem energetic, ca și de realizarea unei înalte siguranțe de funcționare a mașinei:

a) sistemul de excitație nu trebue să fie influențat de rețeaua exterioară;

b) sistemul de excitație trebue să asigure posibilitatea forțării excitației, pentru care tensiunea și curentul de excitație trebue să fie maxime, iar timpul necesar atingerii acestor valori minim.

Autorul studiază atent ridicarea siguranței funcționării sistemelor de excitație, influența forțării excitației asupra stabilității sistemelor energetice, dând o serie de exemple concrete. Astfel: un generator de 25 000 kW, constituind cea mai mare parte a puterii unui sistem energetic, a fost decuplat prin acțiunea protecției de punere la pământ. La început tensiunea sistemului a început să cadă foarte încet, apoi căderea s'a accentuat, iar apoi — la foarte joasă tensiune — au apărut în sistem oscilații, care s'au prelungit 33 secunde. In cele din urmă au acționat automatele de siguranță ale turbinelor. Mărimea sarcinei, crescută în urma micșorării tensiunii a atins 106 000 kW, iar funcționarea anormală a sistemului s'a întins pe 74 secunde. Un alt exemplu: pe una din liniile de 110 kV s'a produs un scurt circuit întrerupt după 0,7 secunde. Ca rezultat al acestui defect, funcționarea sistemului a devenit cu totul anormală, analoagă celeilalte. Sistemul s'a împărțit în câteva părți lucrând nesincron. Au acționat majoritatea automatelor de protecție a turbinelor. După introducerea regulatoarelor automate de tensiune cu forțarea excitației, s'a mărit brusc stabilitatea sistemului. Decuplarea unuia din marii generatori sau pierderea excitației, care s'au întâmplat de multe ori după aceea, nu a dus niciodată la periclitarea funcționării sistemului. Distrugerea stabilității la scurtcircuite în rețeaua de 110 kV deasemenea, practic, a încetat.

Autorul studiază în continuare influența forțării excitației asupra fluxului principal al mașinii și apoi influența constantei de timp a excitației la forțarea ei.

Capitolul al doilea este închinat încălzirii la regimuri și suprasarcini de scurtă durată. Se studiază caracteristica termică la regim tranzitoriu, apoi funcționarea generatorului pentru temperaturi ale gazului de răcire diferite de cea normală, se arată cum se calculează temperatura înfășurării statorice și rotorice la suprasarcini de scurtă durată și cum se face încercarea de încălzire.

Capitolul al treilea tratează despre desexcitarea rapidă a câmpului. Dispozitivele automate pentru desexcitarea rapidă sunt elemente importante ale protecției generatorilor. Aceste automate de desexcitare rapidă au destinația de a coborî f.e.m. a generatorului până la valoarea minimă, cu scopul de a micșora proporția distrugerilor cauzate de curentul de scurt circuit atât în generator cât și în dispozitivele ce urmează după el până la întrerupător.

Desexcitarea rapidă se realizează pe calea acționării automate asupra circuitului de excitație a generatorului. Automatele de desexcitare rapidă trebue instalate la toți generatorii, indiferent de puterea lor. Dispozitivul pentru desexcitare se realizează printr'una din metodele următoare:

a) introducerea de rezistență în circuitul rotorului generatorului cu decuplarea excitatrieci;

b) introducerea de rezistență în circuitul excitatricei și în circuitul rotorului generatorului;

c) introducerea de rezistență în circuitul excitației excitatricei;

d) întreruperea circuitului rotorului.

In ultima vreme în calitate de rezistență se folosesc rezistențe neliniare ale cărei caracteristice depind de curentul ce-o traversează

(de tipul vilitului). Aplicarea rezistenţelor neliniare trebue să ia o largă răspândire.

Autorul studiază în lucrarea sa variaţia f.e.m. în timp sub acţiunea de desexcitare rapidă şi felul cum se alege valoarea rezistenţei.

In capitolul patru se atacă problema regimului asincron al turbogeneratorilor cu rotor masiv. Autorul arată că în această problemă autorii, de preferinţă americani, au creat o imagine greşită asupra comportării turbogeneratorilor la regim asincron. De aceea, s'a răspândit părerea că mersul în asincron al turbogeneratorilor e inadmisibil. Se consideră următoarele : turbogeneratorul care îşi pierde excitaţia trebue să lucreze în regim asincron şi poate da puterea activă nominală numai la alunecări de 2...5%. La asemene alunecări vor apare în rotor pierderi suplimentare, de câteva ori mai mari decât cele normale, un astfel de regim fiind foarte periculos pentru maşină. Practic deci, la pierderea excitaţiei, trebue o decuplare imediată dela reţea a generatorilor sincroni, inclusiv turbogeneratorii şi deci se va instala în acest scop o protecţie specială. Aceste lucruri sunt cuprinse şi în directivele de proiectare şi exploatare a generatorilor sincroni.

Autorul arată că în urma unor cercetări minuţioase şi a peste 50 verificări experimentale asupra unor turbogeneratori de putere până la 50 000 kW, cele arătate mai sus au fost infirmate. Aceste cercetări au arătat că majoritatea turbogeneratorilor pot crea un moment asincron important al alunecării mici, de ordinul zecimilor de procente, la care pierderile în rotor nu depăşesc pierderile nominale şi care nu reprezintă nicio primejdie pentru maşină.

O problemă care se pune în cazul unui asemenea regim de funcţionare este următoarea : pierzând excitaţia, turbogeneratorul nu mai poate să asigure puterea reactivă necesară în sistem. Având însă în vedere regulatoarele automate de tensiune, compensările automate şi excitarea rapidă, larg folosită în sistemele energetice moderne, majoritatea sistemelor îşi acoperă necesarul de putere reactivă pe seama supraexcitării altor generatoare.

Posibilitatea funcţionării fără excitaţie a turbogeneratorului măreşte siguranţa alimentării consumatorilor şi dă posibilitatea ca în acest timp să se încerce clarificarea cauzei pierderii excitaţiei şi luarea măsurilor de rigoare între care trecerea pe o excitatrice de rezervă.

Autorul, în continuare, analizează comportarea turbogeneratorilor în regim asincron, studiază parametrii care condiţionează această comportare în două ipoteze : înfăşurarea rotorului deschisă şi închisă. Se arată apoi cum se determină practic aceşti parametri şi se dau exemple de calcul, făcând comparaţie cu încercările experimentale. Se dau rezultatele a 8 încercări pe diferite tipuri de turbogeneratoare. Se citează cazuri concrete de funcţionare în regim asincron. Iată unul din ele : generatorul „Electrosila" T 2 210/87 de 12 000 kW ; 15 000 kVA ; 6,6 kV ; 1 310 A ; 3 000 rot/min a pierdut excitaţia în timp ce debita 10 000 kW ; 3 000 kVar, 1 000 A sub 6,2 kV ; cos $\varphi = 0{,}96$ excitaţia având 120 V şi 160 A. După pierderea excitaţiei, aparatele au arătat 9 500 kW (oscilaţii ± 800 kW), curent 1 100... 1 500 A, curent în rotor ± 100 A. Perioada de oscilaţie a curentului statoric 4...6 s. Generatorul a lucrat în regim asincron 5 min cu o alunecare 0,25...0,167%, după care a fost trecut pe o excitatrice de rezervă. Generatorul nu a suferit nicio avarie.

Capitolul cinci se ocupă cu pornirea în asincron a maşinilor sincrone lucrând ca motor sau compensator. Autorul arată, că având în vedere desvoltarea sistemelor energetice sovietice şi răspândirea masivă a regulatoarelor automate de excitaţie pentru maşinile sincrone, a devenit posibilă pornirea directă sau cu ajutorul reactorilor. Se analizează puterea admisibilă limită a maşinii în cazul pornirii cu reactor, aplicarea reactorilor uscaţi la pornirea compensatorilor, pornirea în asincron a maşinilor cu rotor masiv cilindric, încălzirea în cazul unei asemenea porniri.

Foarte interesant este studiul în legătură cu cuplarea în paralel prin metoda autosincronizării. Actualmente, în majoritatea covârşitoare a centralelor electrice, cuplarea generatorilor în paralel se face cu ajutorul sincronizării precise. Operaţia sincronizării cere un personal instruit, de încredere, specializat. Totuşi exploatarea a arătat că greşelile de cuplare sunt frecvente şi produc uneori avarii grele. In afară de aceasta, operaţia sincronizării precise durează 10 minute şi chiar mai mult. Acest lucru produce greutăţi mai ales în caz de defect, când este necesară o cuplare rapidă a generatorului la reţea, când personalul de serviciu este răspândit şi când frecvenţa sistemului este cu totul diferită de 50 Hz.

Metoda autosincronizării nu suferă de aceste lipsuri. Ea constă, după cum se ştie, în a aduce generatorul neexcitat cu ajutorul motorului primar până la aproximativ viteza de sincronism şi a-l cupla la reţea, iar după aceea excitând, generatorul se prinde în sincronism.

Avantajele acestei metode sunt :

a) simplitatea, imposibilitatea unei greşeli şi faptul că nu este nevoie de un personal supracalificat ;

b) nu este posibilă o avarie a înfăşurării statorice din cauza unei cuplări greşite ;

c) simplitatea automatizării procesului de cuplare ;

d) rapiditatea cuplării, foarte importantă în caz de avarie ;

e) posibilitatea cuplării în paralel la frecvenţe şi tensiuni cu totul anormale. Astfel s'a realizat cu succes propunerea în paralel prin metoda autosincronizării a două turbogeneratoare în cazul unui grav defect la tensiunea 0,5...0,6 U_N şi frecvenţa de 35 Hz.

Desavantajele metodei sunt :

a) un inevitabil şoc de curent în momentul cuplării generatorului neexcitat ;

b) o cădere de scurtă durată a tensiunii în momentul cuplării.

Autorul calculează mărimea şocului de curent, procesul de prindere în sincronism, cazurile când este admisibilă aplicarea metodei. Se dau rezultatele unor încercări experimentale. Astfel s'a constatat că autosincronizarea este posibilă atât pentru turbo- cât şi pentru hidrogeneratori, chiar şi pentru compensatori cu motor primar de lansare. Alunecările optime sunt 2...3% atingând chiar 10%. Generatorul T 4376/142 de 50 000 kW, cuplându-se la reţeaua de 118,8 kV prin metoda autosincronizării cu o alunecare de —5%, a luat un şoc de curent de 2,88 I_N, iar tensiunea a scăzut la 107,5 kV pentru câteva clipe. Tot procesul tranzitoriu a durat 2...3 s.

Ultimul capitol tratează sarcinile nesimetrice la maşina sincronă. Sarcinile nesimetrice sunt inevitabile în exploatare, create fie sub forma unei sarcini normale (de exemplu sarcină monofazată în industria metalurgică), fie sub forma avariei utilajului sau liniei (întreruperea unei faze în linii, întrerupătoare, transformatoare). Sarcina nesimetrică poate să apară în transportul energiei prin doi conductori cu folosirea pământului ca un al treilea conductor. Această funcţionare dă posibilitatea economisirii izolatorilor şi conductorilor, iar într'o serie de cazuri permite asigurarea alimentării principalilor consumatori la repararea liniei şi efectuarea cuplării automate repetate pentru liniile de transport.

Din cele spuse mai sus rezultă că este foarte important a se cunoaşte sarcinile admisibile limită pentru regim nesimetric în maşina sincronă. Normele existente limitează mult sarcinile nesimetrice admisibile. Astfel curentul de succesiune inversă nu trebue să depăşească 5% I_N, independent de sarcina generatorului. Această situaţie nu convine.

Autorul îşi propune să studieze care sunt limitele ştiinţifice, reale ale sarcinei admisibile nesimetrice cu condiţia ca :

a) temperatura în nicio parte a rotorului să nu depăşească limita impusă de clasa respectivă de izolanţi sau material ;

b) vibraţiile mecanice, care pot apărea la sarcină nesimetrică, să nu depăşească limita admisibilă ;

c) curentul statoric, în faza cea mai încărcată, să nu depăşească curentul normal.

Autorul analizează în acest scop influenţa construcţiei rotorului asupra procesului termic şi pierderile suplimentare ce apar. Pentru a determina rezistenţa rotorului la frecvenţa 100 Hz în rotor se recomandă şi exemplifică două metode : metoda alimentării statorului cu sursă trifazată cu succesiunea inversă şi metoda funcţionării generatorului cu o sarcină nesimetrică dată. Rezultatele măsurării rezistenţei de succesiune inversă confirmă pe deplin că regimul asimetric nu este de dorit. Astfel dacă maşina ar funcţiona numai cu curent de succesiune inversă egal cu curentul nominal, pierderile în rotor ar fi de 12...30 ori mai mari ca pierderile în excitaţie la curent nominal.

Autorul arată că în scopul măririi sarcinilor nesimetrice admisibile, se pot folosi metode de compensaţie a nesimetriei la generator. Astfel la întreruperea unei faze de înaltă tensiune se poate cupla pe partea generatorului o impedanţă suplimentară, ale cărei componente să fie egale cu componentele impedanţei de succesiune nule a instalaţiei. In acest fel, curentul invers este redus la zero. Se dă şi un exemplu concret de astfel de compensaţie.

Se determină apoi sarcinile admisibile în caz de regim nesimetric la turbogeneratori şi la hidrogeneratori. O serie de tabele arată rezultatele încercărilor în regim nesimetric făcute de autor. In concluzie autorul arată că normele existente au fost stabilite fără o bază temeinică. Ele nu se pot aplica pentru turbo- şi hidrogeneratori de diferite tipuri. Sarcina admisibilă în regim asimetric trebue stabilită nu pe baza unor norme generale, ci pentru fiecare maşină în parte. Constructorii de maşini sincrone trebue să studieze atent această problemă şi să construiască maşini capabile să suporte sarcini nesimetrice cât mai mari.

Lucrarea lui I. A. Sâromiatnicov aduce deci o serie întreagă de lucruri noi, care sunt rezultatul unor cercetări atente şi minuţioase, verificate prin foarte multe încercări experimentale. Aceste lucruri noi pot fi aplicate deci imediat şi la noi, în exploatările noastre energetice. Se impune deci ca Editura Energetică de Stat să traducă cât mai repede această valoroasă lucrare, pentru a o pune la dispoziţia unui număr cât mai mare de ingineri şi tehnicieni, care lucrează în exploatarea maşinilor sincrone.

CONTURUL OSCILATORIU PENTRU EXPERIMENTAREA ÎNTRERUPĂTORILOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE ŞI MARE PUTERE

M. BALASZ şi N. RĂDULESCU
Studenţi ai Institutului Politehnic din Urali

Puterea în continuă creştere a sistemelor noastre de energie electrică ridică pe ordinea de zi problema producerii aparatelor de înaltă tensiune şi de mare putere, aparate care nu s'au fabricat până în prezent în ţara noastră. Inaintea punerii lor în exploatare, aparatele trebue experimentate.

Este vorba, în special, despre întrerupătoarele de înaltă tensiune şi de mare putere. Experimentarea lor este cu atât mai necesară, cu cât nu există până în prezent o teorie unică, care să explice din punct de vedere fizico-matematic fenomenele arcului electric, care se produc în momentul întreruperii curenţilor mari. Din această cauză unica metodă de apreciere a acestui fel de aparate rămâne numai experimentarea. Formele de experimentare a aparatelor de înaltă tensiune, în special al întrerupătorilor, în practica construcţiei de aparate sunt următoarele:

1. Incercarea aparatelor direct în sistemele de energie electrică în funcţiune. Această metodă de experimentare are următoarele neajunsuri:

a) este necesară prezenţa unui mare surplus de putere electrică, care să asigure o funcţionare în condiţii normale a tuturor uzinelor şi fabricilor, legate în acelaş sistem electric, fapt care scade nivelul de exploatare al întregului sistem;

b) pe de altă parte tot acelaşi lucru măreşte investiţiile iniţiale de capital;

c) în general, crearea artificială a regimurilor de avarii în reţele nu sunt de dorit.

2. A doua formă de experimentare este încercarea aparatelor în laboratoare speciale de maşini. Dar şi această metodă are neajunsurile ei:

a) aceste laboratoare de maşini, special construite pentru experimentarea aparatelor electrice, reprezintă o adevărată staţie electrică, cu toate elementele ei complexe;

b) atât crearea unor astfel de laboratoare cu o putere de întrerupere mare, cât şi exploatarea lor, necesită foarte mari cheltueli, ceeace nu este deloc economic;

c) ocupă o mare suprafaţă.

3. Experienţa construcţiilor de aparate electrice a Uniunii Sovietice a dat o nouă metodă pentru experimentarea aparatelor de acest fel. In 1937 profesorul Institutului Politehnic din Leningrad, Gorev, a propus o nouă metodă. Este vorba despre conturul oscilatoriu. Această metodă constă în acumularea energiei electrice pe plăcile condensatorului şi descărcarea ei în momentul experimentării prin electrozii întrerupătorului. Propunerea profesorului Gorev are o serie întreagă de avantaje, faţă de celelalte două metode şi anume:

a) construirea unui astfel de laborator este de 4...5 ori mai ieftină decât a unui laborator special de maşini, la aceeaşi putere;

b) condensatorii din schema conturului oscilatoriu, uniţi în serie, dau posibilitatea obţinerii unei înalte tensiuni, ceeace exclude necesitatea unor transformatori speciali pentru ridicarea tensiunii;

c) exploatarea unui astfel de contur oscilatoriu este simplă şi ieftină. Puterea nominală a tuturor elementelor conturului oscilatoriu este de 100 de ori mai mică decât puterea elementelor şi maşinilor laboratorului special de maşini, necesară pentru aceeaşi experimentare;

d) pentru un acelaşi interval de timp se pot face mai multe experienţe la conturul oscilatoriu, decât în laboratorul special de maşini;

e) experienţele la conturul oscilatoriu se pot face într'un larg diapazon de curenţi electrici;

f) se poate primi orice viteză de restabilire a tensiunii, după întrerupere — factor de cea mai mare importanţă în stingerea arcului electric;

g) la conturul oscilatoriu se pot experimenta tot felul de aparate electrice, iar prin combinarea lor cu „schema artificială" se pot experimenta întrerupătoare de tensiune înaltă şi la o putere de întrerupere de 3...4 ori mai mare decât puterea conturului oscilatoriu. O astfel de schemă artificială a propus profesorul Gorev, sub denumirea de „conturul cu dublă frecvenţă".

PRINCIPIUL DE FUNCŢIONARE AL CONTURULUI OSCILATORIU

Instalaţia conturului oscilatoriu constă din următoarele elemente:

1. O baterie de condensatori de mare putere a cărei capacitate este determinată de puterea electrică pe care vrem s'o obţinem.
2. Un transformator de înaltă tensiune.
3. Un redresor (chenotron).
4. Un întrerupător pentru închiderea circuitului electric.
5. Un reactor.
6. O rezistenţă de încărcare.
7. Intrerupătorul de experimentat.

Funcţionarea conturului oscilatoriu constă în trei stadii:

1. Incărcarea bateriei de condensatori.

Redresorul (chenotronul) încarcă periodic condensatorul C până la tensiunea înaltă dela transformator.

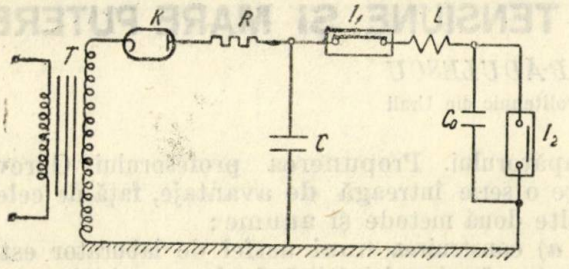


Fig. 1

T – transformator; *K* – redresor (chenotron); *R* – rezistență de încărcare; *C* – bateria de condensatori; C_0 – capacitatea de shuntare; *L* – inductanta; I_1 – întrerupătorul pentru închiderea circuitului electric; I_2 – Intrerupătorul experimentat.

2. Al doilea stadiu constă în închiderea întrerupătorului în circuitul de descărcare a condensatorului. In contur iau naștere oscilații de amortizare. Matematic, expresia curentului electric este următoarea:

$$i = \frac{U}{\omega L} e^{-\alpha t} \sin \omega t$$

unde U este tensiunea de încărcare a bateriei de condensatori;

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{C}}$$

în care ω – frecvența de rezonanță.

Din această formulă se vede că inductanța (L) a conturului nostru oscilatoriu poate fi în așa fel aleasă, încât frecvența acestor oscilații să fie aceeași cu frecvența curentului alternativ a sistemelor de funcționare (neluând în seamă rezistența activă a conturului, care este relativ mică). Prima amplitudine a acestui curent va fi:

$$i_{max} \simeq \frac{U}{\omega L} = U \sqrt{\frac{C}{L}} = U \omega C$$

Puterea care ia naștere în contur va fi:

$$p = \frac{UI}{2} = U_{ef} \cdot I_{ef} = U_{ef}^2 \cdot \omega C$$

3. Al treilea stadiu constă în ruperea acestui curent de amortizare cu ajutorul întrerupătorului experimentat. Aceasta se face prin punerea în funcțiune a unui dispozitiv care îndepărtează electrozii întrerupătorului unul de altul.

Prin alegerea corespunzătoare a elementelor care intră în conturul oscilatoriu, putem să asigurăm pentru acesta condiții de funcționare, asemănătoare cu cele care se întâlnesc în practică. Pe măsură ce electrozii se îndepărtează unul de altul, tensiunea dintre ei se ridică.

Schema principială a refacerii tensiunii dintre electrozi se poate reprezenta în felul următor:

Tensiunea dintre electrozii întrerupătorului experimentat are următorul caracter:

$$U_{C_0} = U_0 \frac{C}{C + C_0} (1 - \cos \omega_1 t)$$

unde $\omega_1 = \sqrt{\frac{C + C_0}{C \cdot C_0 L}}$ este frecvența de refacere a tensiunii în intervalul electrozilor.

Dar practic $C_0 \ll C$ și frecvența $\omega_1 \approx \sqrt{\frac{1}{C_0 L}}$

Valoarea lui C_0 se determină în funcție de viteza de refacere a tensiunii, dorită de noi, iar valoarea maximală a tensiunii

$$(U_{C_0})_{max} = 2 U_0 \frac{C}{C + C_0} \simeq 2 U_0.$$

Schema artificială. Cu toate posibilitățile experimentale pe care le dă această schemă a conturului oscilatoriu, el totuși are greutăți din punct de vedere practic și anume, pentru

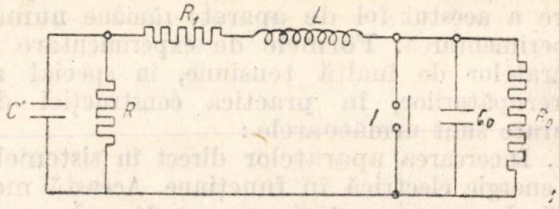


Fig. 2

C – bateria de condensatori; *R* – rezistența sumară de scurgere a bateriei *C* de condensatori; R_1 – rezistența conductoarelor de aducere; R_0 – rezistența de scurgere a capacității C_0; *L* – inductanta; *I* – întrerupătorul experimentat; C_0 – capacitatea care determină viteza de refacere a tensiunii.

a primi o putere de întrerupere mare este necesară o instalație destul de voluminoasă.

Pentru mărirea puterii de întrerupere a acestui contur, savanții sovietici (Gorev, Acadis) au propus o schemă specială – „schema artificială". Această schemă constă în aceea că în momentul când curentul, care se dă conturului oscilatoriu, trece prin valoarea zero și electrozii întrerupătorului experimentat se îndepărtează unul de altul, se dă o tensiune înaltă în intervalul de întrerupere, din partea unui generator de impulsuri. In felul acesta se mărește considerabil puterea de întrerupere și se poate experimenta cu ajutorul conturului nostru aparate electrice puternice. Astfel, conturul oscilatoriu de pe lângă catedra „Tehnica tensiunilor înalte" a Institutului Politehnic din Urali, constă din 400 de condensatori cu o capacitate de 9,6 μF, fiecare cu o putere de întrerupere de $P = 74 \cdot 10^6$ VA.

Imbinat cu schema artificială, acest contur poate da o putere de întrerupere 10^9 VA, cu totul îndestulătoare pentru experimentarea întrerupătoarelor produse în țara noastră.

RECENZII

BIBLIOTECA ANALELOR ROMÂNO-SOVIETICE, SERIA TEHNICĂ Nr. 12

Materiale Electroceramice

Caietul „Materiale Electroceramice" din seria tehnică a Bibliotecii Analelor Româno-Sovietice se adresează atât cercetătorilor cât şi proiectanţilor şi celor care activează în domeniul izolanţilor electrici. Problema obţinerii unor izolanţi electrici pentru frecvenţe şi tensiuni înalte, cu proprietăţi din ce în ce mai bune, a preocupat şi preocupă într'un grad înalt pe cercetătorii şi tehnicienii sovietici. O parte din lucrările lor din acest sector al tehnicii sunt prezentate, în traducere, în acest caiet.

Descoperirea şi utilizarea unor noi materiale electroizolante — în special pentru frecvenţele înalte, unde aplicarea pe scară industrială a curenţilor de înaltă frecvenţă a impus cerinţe tehnice noi materialelor electroizolante — a condus la studiul proprietăţilor acestor noi materiale : titanatul de bariu şi bioxidul de titan. Aplicarea curenţilor de înaltă frecvenţă cuprinde domenii din ce în ce mai întinse : în metalurgie — topirea prin înaltă frecvenţă, tratamente termice prin înaltă frecvenţă ; în medicină — aparatele electromedicale pentru diatermie ; etc. Un factor important în construirea aparatajului respectiv îl constitue dielectricii corespunzători noilor cerinţe. Cercetării proprietăţilor acestor dielectrici noi şi tehnologiei lor, îi sunt consacrate o serie de articole din acest caiet.

Problema izolatorilor pentru aparatajul de înaltă tensiune constitue cea de-a doua problemă principală, tratată în culegerea „Materiale electroceramice". Astfel, această problemă, de mare importanţă pentru producţia industriei noastre electrotehnice destinată realizării planului de electrificare, este tratată în mai multe articole în care se analizează atât considerentele teoretice care duc la alegerea unui anumit material, variaţia proprietăţilor izolatorilor în funcţie de compoziţia materialelor folosite cât şi metodele cele mai indicate de obţinere a izolatorilor cu proprietăţi electrice şi mecanice optime.

Articolul lui I. N. Beliaiev, N. S. Novosiltev, A. L. Hodacov şi M. S. Sulman : „Proprietăţile dielectrice ale diferitelor tipuri de bioxid de titan", cercetează proprietăţile dielectrice ale bioxidului de titan în diferitele lui forme de utilizare (acid titanic, pentru oţeluri speciale, pentru condensatori, etc.), în funcţie de temperatură şi frecvenţă. Se dau curbele experimentale obţinute şi se subliniază că gradul de sinterizare al probelor influenţează proprietăţile dielectrice. In articolul lui I. M. Csendzov : „Proprietăţile electrice ale bioxidului de titan", autorul dă rezultatele unui studiu amănunţit, teoretic şi experimental efectuat asupra bioxidului de titan, atât chimic pur cât şi tehnic ; se cercetează influenţa modului de preparare a probelor asupra proprietăţilor electrice (constanta dielectrică, pierderile în dielectric, conductivitatea), precum şi influenţa temperaturii şi a mediului ambiant în timpul preparării probelor. Cercetarea proprietăţilor susamintite are loc într'o gamă foarte largă de frecvenţe ($2 \cdot 10^2$Hz...$2{,}5 \cdot 10^6$ Hz). Se găseşte că bioxidul de titan pur are o valoare anormal de mare a permitivităţii şi a pierderilor în dielectric, care depind pronunţat de temperatură şi frecvenţă. Proprietăţile caracteristice ale bioxidului de titan sunt atribuite distribuţiei neuniforme a oxigenului în reţeaua cristalină.

Tot de proprietăţile electrice ale bioxidului de titan, punându-se însă accentul pe studiul formelor de TiO_2 folosite în electrotehnică la fabricarea redresorilor uscaţi, ş. a. se ocupă şi articolul lui B. I. Boltacs, F. I. Vasenin şi A. E. Salunina : „Proprietăţile electrice şi termoelectrice ale bioxidului de titan parţial redus (albastru)". Proprietăţile electrice care se studiază aci, într'un interval larg de temperaturi, sunt în special conductivitatea şi forţa termoelectromotoare ; se dau considerentele teoretice pentru interpretarea rezultatelor obţinute. Printre acestea se remarcă că densitatea purtătorilor de sarcină care formează curentul este, la probele cercetate, de 10^{20}...10^{21} cm^{-3}.

Articolul lui H. S. Valeev : „Condensator de steatit pentru frecvenţe şi tensiuni înalte", tratează problema acestor condensatori necesari la cuptoarele de topire şi călire prin înaltă frecvenţă. Articolul începe prin analizarea proprietăţilor materialelor de steatit utilizate şi a tehnologiei lor. După aceea se dau proprietăţile în regim de lucru ale condensatorilor cu steatit, fabricaţi. Se acordă o atenţie specială încălzirii condensatorilor în timpul lucrului. Astfel, condensatori cu o capacitate de 85...100 picofarazi şi o putere reactivă de 10...12 kVar se încălzesc în timpul lucrului până la 50...70°C. Tensiunea de străpungere a acestor condensatori ajunge la 135 kV, iar cea de conturnare la 35 kV, la frecvenţa industrială.

O altă latură a proprietăţilor electrice ale bioxidului de titan este cercetată în articolul lui S. I. Gorelic şi V. E. Tolstoi : „Despre polarizarea de înaltă tensiune la bioxidul de titan policristalin sinterizat". Acest articol redă rezultatele cercetărilor cu privire la polarizarea de înaltă tensiune şi la conductibilitatea bioxidului de titan în stare polarizată şi nepolarizată. Astfel se găseşte că polarizarea de înaltă tensiune are o valoare apropiată de tensiunea aplicată, iar abaterile observate dela legea lui Ohm sunt atribuite polarizării de înaltă tensiune.

Studiului unor proprietăţi electrice ale altui dielectric, titanatul de bariu, îi este consacrat articolul lui M. S. Cosman şi T. D. Goldstein : „Cercetarea polarizării titanatului de bariu prin metoda câmpului electric transversal". Autorii găsesc că titanatul de bariu posedă o conductivitate electrică internă mare, ceeace are drept consecinţă permitivitatea ridicată a acestuia. Pe de altă parte, se explică variaţia rezistenţei straturilor cu conductivitate electrică specifică mare depuse pe un dielectric, în caz că se aplică un câmp acelui dielectric, ca fiind cauzată de deformarea stratului de către sarcinile spaţiale apărute în strat.

Articolul lui A. L. Hodacov : „Pierderile în dielectricii ceramici şi în titanatul de bariu la frecvenţe înalte", este consacrat cercetării experimentale a unghiului de pierderi în dielectric ($tg\delta$) la dielectricii ceramici şi la titanatul de bariu în gama de frecvenţe dela 10 la 200 MHz, în domeniul de temperaturi dela 15 la 180°C. S'a stabilit că, în gama de frecvenţe dată, nu se observă la titanatul de bariu o variaţie însemnată a tg δ, aceasta scăzând când temperatura creşte.

In articolul lui N. A. Roi „Despre natura oscilaţiilor electromecanice în produsele ceramice de $BaTiO_3$" autorul găseşte că elasticitatea produselor ceramice poate fi explicată în mod analog cu elasticitatea corpurilor feromagnetice sub acţiunea unui câmp alternativ slab, producându-se o rotaţie suplimentară a axelor polare ale celulelor, ceeace duce la deformarea produselor ceramice. Acest proces este însoţit de o polarizare suplimentară, care duce la intensificarea câmpului intern şi — în consecinţă — la o creştere suplimentară a deformaţiei, care nu depinde în felul acesta de polarizabilitatea produselor ceramice.

Despre un material electroizolant nou, termostabil, tratează articolul lui B. M. Tareev şi I. M. Parnas : „Izolaţie poroasă rezistentă la căldură". Pânza de sticlă neimpregnată constitue un izolant electric termostabil cu calităţi deosebite. Se deduc formulele pentru tensiunea de străpungere, constanta dielectrică şi unghiul de pierderi în dielectric şi se dau rezultatele verificării experimentale a formulelor care confirmă utilitatea folosirii materialelor alcătuite din fibre anorganice neimpregnate pentru obţinerea unor izolanţi electrici, rezistenţi la căldură.

Articolul lui P. P. Budnicov, V. M. Barro şi O. P. Mcedlov-Petrosian : „O nouă metodă pentru determinarea temperaturii la care începe sinterizarea materialelor dielectrice în pulberi", descrie metoda găsită de autori pentru determinarea precisă a începutului sinterizării. Ea se bazează pe variaţia rezistenţei electrice a masei care sinterizează, aceasta constituind un element al unui circuit oscilant. Prin variaţia bruscă a rezistenţei la sinterizare se întrerup oscilaţiile unui circuit, punându-se astfel în evidenţă începutul sinterizării.

Despre variaţia în timp a unor parametri (permitivitatea, tg δ) ai titanatului de bariu tratează articolul lui N. S. Novosiltev, A. L. Hodacov şi M. S. Sulman : „Stările metastabile ale $BaTiO_3$". Se arată că la compararea rezultatelor diferi-

telor măsurători trebue să se ia în considerare variabilitatea arătată a parametrilor $BaTiO_3$.

In articolul lui N. S. Novosiltev şi L. A. Cucoz: „Variaţia în timp a polarizării de înaltă tensiune în sticla încălzită", se studiază proprietăţile sticlei încălzite utilizate ca dielectric. Astfel se găseşte că permitivitatea ei poate lua valori mai mari ca 10^3. Spre deosebire de alţi dielectrici, capacitatea condensatorilor cu sticlă încălzită este determinată numai de suprafaţa electrozilor şi nu depinde de grosimea stratului de sticlă.

Studiul izolatorilor de înaltă tensiune constitue tema articolului lui N. M. Cervinschi: „Problemele structurii şi proprietăţilor porţelanului de înaltă tensiune'. In acest articol se studiază amănunţit influenţa componenţilor structurali ai porţelanului asupra proprietăţilor sale de izolare. In special se cercetează legătura dintre partea sticloasă şi mulitică a ciobului şi influenţa tratamentului termic asupra structurii şi proprietăţilor porţelanului, prin structură înţelegându-se raportul între fazele cristaline şi sticloase din ciob. Se dau procedeele tehnologice optime pentru ciobul de porţelan.

Altă proprietate importantă a izolatorilor de înaltă tensiune este studiată în articolul lui S. C. Dubrovo: „Studiul calităţii suprafeţei glazurii izolatorilor de înaltă tensiune prin metoda profilării". Prin metoda amintită se studiază microrelieful diferitelor tipuri de izolatori,cercetându-se şi rezistenţa acestora în timp faţă de acţiunea agenţilor atmosferici. Astfel se pot alege izolatorii cei mai puţin supuşi la murdărie, aceasta constituind una din cauzele scoaterii lor din uz.

In articolul lui I. I. Iurceac, I. M. Tihomirov şi Z. I. Glușanoc: „Studiul compoziţiei maselor de porţelan de înaltă tensiune, pentru aparataje, pe bază de materie primă din Ural", se face un studiu amănunţit al compoziţiei unui număr de paste pentru fabricarea porţelanului, studiindu-se influenţa diferiţilor componenţi asupra calităţii porţelanului şi căutându-se procedeul tehnologic optim pentru fiecare din paste. Se dă compoziţia chimică a pastei optime.

Articolul lui B. A. Loscarev: „Sinterizarea amestecurilor în domeniul $Ca - CaO \cdot TiO_2$ a sistemului carbonat de calciu — bioxid de titan", se ocupă de influenţa cantităţii de bioxid de titan asupra gradului de sinterizare a ciobului, dându-se un grafic al proprietăţilor ciobului în funcţie de diferiţii parametri care intervin.

In darea de seamă a lui P. P. Budnicov relativă la „Consfătuirea în vederea întrebuinţării talcului în industria ceramică", se redau pe scurt rapoartele prezentate în legătură cu noile utilizări ale talcului în industria ceramică şi cu perspectivele pe care le are acesta ca electroizolant.

In ultimul articol: „Plăci izolante de asbociment", se prezintă proprietăţile unui nou material izolant sovietic (GOST — 4248—48) fabricat dintr'un amestec de ciment şi asbest, formând un material omogen şi rigid, rezistenţa la arcul electric. Aceste plăci se folosesc pentru confecţionarea diferitelor piese electroizolante pentru maşinile şi aparatajul electrotehnic supus la temperaturi înalte şi la acţiunea arcului electric.

BIBLIOTECA ANALELOR ROMÂNO-SOVIETICE

Probleme noi privind calculul şi construcţia maşinilor electrice, nr. 10

Planul de electrificare a ţării noastre pune o serie de probleme noi industriei noastre constructoare de maşini electrice. Pentru rezolvarea acestor probleme şi ducerea la bun sfârşit a sarcinilor fixate prin planurile de stat, este necesară folosirea ştiinţei şi tehnicii celei mai avansate, ştiinţa şi tehnica sovietică. Prezenta culegere de articole din revistele de specialitate sovietice cuprinde o serie de noi contribuţii ale ştiinţei şi tehnicii sovietice în privinţa calculului şi construcţiei maşinilor electrice.

Toate articolele acestei culegeri tratează probleme dintre cele mai actuale pentru industria noastră, probleme puse de planul de electrificare şi industrializare socialistă, — care au fost rezolvate în mod strălucit de oamenii sovietici.

Electrificarea satelor una dintre cele mai actuale probleme în ţara noastră impune realizarea unor alternatori de mică putere de construcţie cât mai simplă, robustă, economică. Primele două articole ale culegerii tratează tocmai această problemă.

In articolul „Generator sincron cu autoexcitaţia dela un redresor mecanic şi cu reglaj automat de tensiune" se arată realizarea unui generator sincron fără excitatrice, ceeace simplifică construcţia, ieftineşte agregatul cu 20..35 % în comparaţie cu execuţia obişnuită şi se realizează totodată un reglaj automat al tensiunii generatorului. Problema înlocuirii excitatricei cu un redresor la generatorii sincroni de mică putere a preocupat mult timp şi fabricile constructoare din ţările capitaliste, însă aceştia nu au putut rezolva această problemă în mod satisfăcător. Ştiinţa sovietică a învins însă dificultăţile şi a rezolvat strălucit această problemă. Lucrarea a fost distinsă cu premiul Stalin în anul 1950.

Una din principalele dificultăţi ce se pun la proiectarea hidrogeneratorilor de mică putere — cuplaţi direct cu turbina, este insuficienţa mărimii GD^2-ului şi necesitatea de a le mări artificial. In articolul „Despre construcţia economică a hidrogeneratorului vertical de mică putere" se arată că pentru hidrogeneratorii verticali de 150...1 000 kVA soluţia cea mai economică este de a-i face cu rotorul exterior. Prin această dispoziţie se realizează o serie de avantaje, printre care şi simplificarea construcţiei, reducerea greutăţii şi a preţului de cost etc.

Următoarele două articole tratează problema desemnării câmpului în interiorul maşinii sincrone cu poli aparenţi, în vederea calculării unor elemente de mare importanţă pentru proiectarea maşinilor sincrone. Această problemă a fost tratată şi în literatura occidentală, însă nu a fost rezolvată complect — ci numai superficial şi parţial, greşit.

In acţionările de mică putere, unde se cere o viteză constantă pentru acţionarea mecanismelor (de exemplu la cinematograf), unul dintre cele mai utilizate este motorul sincron reactiv, datorită simplicităţii sale extreme. Până de curând nu exista o metodă de proiectare a acestor motoare. Articolul „Metodă energetică de calcul al motoarelor sincrone reactive" expune o metodă de calculare a caracteristicilor acestor motoare — metodă care a fost verificată şi experimental, cu rezultate dintre cele mai bune.

Industrializarea ţării noastre, indisolubil legată de electrificare, cere o tot mai mare cantitate de motoare electrice. Motoarele asincrone cu rotorul în colivie s'au dovedit a fi cele mai simple şi mai robuste motoare electrice, datorită cărui fapt au căpătat o mare răspândire. Singurul neajuns al acestor motoare este că au caracteristici de pornire slabe şi care nu pot fi variate după necesitate. Soluţiile găsite în trecut (bare înalte, dublă colivie etc.) nu rezolvă decât parţial problema caracteristicilor de pornire ale acestor motoare şi totodată, complică mult construcţia rotorului. In două dintre articolele culegerii se arată două metode noi de realizare — cu mijloace mai simple — a unor caracteristici de pornire mai bune: cu bare de pornire demontabile sau cu două inele de scurtcircuitare. Totodată se poate uşor varia, după necesitate, caracteristica de pornire a acestor motoare. Un al treilea articol arată o metodă de îmbunătăţire a caracteristicilor de pornire prin segmentarea inelelor de scurtcircuitare — metodă care este recomandabilă pentru motoarele ce funcţionează puţin în sarcină, deoarece se înrăutăţesc caracteristicile în sarcină.

In următoarele trei articole se tratează probleme legate de teoria şi calculul motoarelor asincrone — atât pentru alimentarea trifazată, cât şi pentru alimentarea monofazată (cu condensator, rezistenţă de pornire etc.), arătând avantajele tehnice şi economice ale unei astfel de tipizări. Alt articol expune metoda de calcul a înfăşurării auxiliare, a micromotoarelor asincrone monofazate. In al treilea articol se expun „bazele teoriei motorului monofazat cu spiră în scurt circuit de pol".

Articolul, „Problema comutaţiei la maşinile de curent continuu" formulează o nouă teorie a formării scânteilor la perii. Conform acestei teorii, formarea scânteilor la perii nu ar fi datorite inversării curentului în secţia scurtcircuitată de perie, ci ruperii contactului într'un circuit conţinând o inductanţă. De aici rezultă concluzii ce au putut fi verificate experimental.

In articolul „Autotransformatori de reglaj fin de tensiune" se arată construcţia şi experienţa de exploatare a unor tipuri de autotransformatori cu bobinaj dreptunghiular, cu reglaj fin de tensiune dela zero la tensiunea maximă.

In problema calculului încălzirii maşinilor electrice ştiinţa nu şi-a spus încă ultimul cuvânt. In două articole din această culegere se tratează tocmai probleme de acest gen, care sunt de importanţă covârşitoare pentru proiectarea şi alegerea raţională a maşinilor electrice. Articolul „Incălzirea electromotoarelor cu funcţionarea intermitentă de scurtă durată"

arată că alegerea motoarelor electrice cu funcţionare intermitentă de scurtă durată în baza metodei pierderilor patratice medii nu este admisibilă, ea putând conduce la încălziri inadmisibile ale bobinajului maşinii şi deci la degradarea timpurie a motorului. Se expune apoi o metodă mai exactă pentru calcularea încălzirii maşinii la funcţionarea intermitentă de scurtă durată.

In articolul „Studiul transmisiei căldurii în maşinile electrice" se expun rezultatele unor cercetări pentru determinarea condiţiilor reale de răcire ce au loc în maşinile electrice. Se arată că coeficienţii de cedare de căldură daţi de obicei în literatură nu sunt aplicabili la maşinile electrice şi se dau în încheiere coeficienţii determinaţi experimental în condiţiile maşinilor electrice.

Ultimele două articole din culegere tratează probleme de calcul ce intervin în maşinile electrice. Intr'unul din ele se arată cum se poate calcula „Influenţa curenţilor turbionari asupra procesului de stabilire a fluxului" în circuite magnetice care conţin porţiuni masive, iar în celălalt se studiază efectul de „Refularea curentului în crestături de formă trapezoidală" şi se calculează coeficienţii de majorare a rezistenţei şi micşorare a reactanţei de scăpări a bazelor din crestături, în cazul curentului alternativ. Această din urmă problemă interesează la calculul motoarelor asincrone în colivie sau la calculul amortizorilor maşinilor sincrone.

A. CI. PUHALSCHI: Măsuri pe liniile de comunicaţii la mare distanţă. Sviazizdat, Moscova, 1953, pag. 318.

Cartea de faţă deşi se intitulează Măsuri pe liniile de comunicaţii la mare distanţă nu tratează exclusiv acest subiect, ci tratează pe larg şi problemele fundamentale ale măsurilor radio, şi dă o bogată descriere de aparate de măsură utilizabile atât în audio cât şi în radio frecvenţă.

Ca plan, cartea cuprinde patru mari capitole: Caracteristicele electrice ale aparaturii şi ale canalelor de curenţi purtători; Metode de măsură; Construcţia aparatelor de măsură; Metode de măsură pe linii, bazate pe impulsuri. Din aceste patru capitole, doar primul este specific curenţilor purtători, utilizaţi pe liniile de mare distanţă, în celelalte capitole punându-se probleme generale de măsuri în înaltă frecvenţă.

In primul capitol se dau noţiuni despre nivelul transmisiunii, despre atenuare şi amplificare, reflexii şi perturbaţii în canalele de curenţi purtători, stabilitatea canalelor, diafonie, ca şi o altă serie de noţiuni relative la canalele telefonice de joasă şi înaltă frecvenţă. Acest prim capitol are un caracter mai mult teoretic.

Capitolul al doilea, privind metodele de măsură, începe cu problema măsurării tensiunilor de audio şi radio frecvenţă. In această parte se studiază problema măsurării transmisiunii. A doua parte a acestui capitol studiază problema măsurării frecvenţei. Se dau schemele unor frecvenţmetre cu citire directă, ca şi a unor frecvenţmetre în punte. Pe larg sunt descrise metodele de comparaţie, dându-se exemple de curbele Lissajou ce se obţin în diferite situaţii. Se trece apoi la măsurarea atenuării şi a amplificării, arătându-se diferite metode pentru măsurarea atenuării atât a cuadripolilor cât şi a liniilor. La fel pentru amplificare. Se studiază metodele de măsură a perturbaţiilor pe linii, însă pe scurt. Mai mult se studiază problema măsurării diafoniei şi mai ales problema interesantă a neliniarităţii şi a măsurării neliniarităţii cuadripolilor, problemă legată în fond de problema distorsiunilor obişnuite. Un paragraf care este interesant, punând o problemă mai puţin cunoscută la noi, este acela în care se tratează problema măsurării distorsiunilor de fază. Această problemă nu este tratată în multe părţi, deoarece distorsiunile de fază în mod curent nu pot fi percepute de ureche. In această metodă se măsoară în fond diferenţa de timp între timpul în care trece prin cuadripolul de măsură frecvenţa de 800 Hz, şi timpul în care trece o frecvenţă egală cu frecvenţa superioară a canalului respectiv. Tot în acest capitol se dau metodele clasice de punte privind măsurarea rezistenţelor, inductanţelor şi capacităţilor, ca şi unele chestiuni speciale privind liniile la mare distanţă.

Partea a treia a cărţii, privind construcţia aparatelor de măsură, începe cu descrierea unui catometru (încercător de tuburi electronice), anume cu tipul ИЭЛ-3, la care se dă schema de principiu. Se trece apoi la generatorii de măsură, unde se începe prin a se da principiul de funcţionare a generatorilor LC, RC, interferenţiali şi mecano electrici. Se dă apoi descrierea generatorului ЛИГ—19—45, care este un generator RC având o gamă cuprinsă între 200 Hz şi 110 kHz.

Se trece apoi la problema măsurării tensiunilor, unde se face destul de larg teoria voltmetrelor cu tub electronic, dând şi teoria influenţei armonicelor asupra indicaţiei instrumentului, lucru care de asemenea nu se găseşte decât rare ori în literatura de specialitate.

Tot aci se face teoria voltmetrelor cu cuproxid, şi se dau indicaţii asupra modului în care se etalonează voltmetrele cu tub şi cu redresor de contact.

Problema măsurării curenţilor de radio frecvenţă este deschisă prin studiul termocuplelor.

Se trece apoi la indicatorii de nivel, unde se descriu tipurile УУ—11—43 şi УНП—1—49 ultimul fiind destinat să măsoare nivelul paraziţilor. In fond aceste aparate sunt nişte voltmetre cu tub.

Se dă şi descrierea voltmetrului cu tub, tip ВКС — 7, care este un voltmetru în punte, cu un singur tub în punte, şi cu un cap de probă.

Tot în capitolul III se dă descrierea unor instalaţii de măsură, care sunt formate din mai multe elemente, ce sunt toate descrise: generator, indicator de nivel, atenuator, etc.

Printre aparatele descrise aci se remarcă aparatul СП—150—1, care este un voltmetru analizor, lucrând în intervalul 5...150 kHz.

Ultimul capitol al cărţii, tratează un subiect modern, anume măsurarea liniilor prin impulsuri. Principiul este acela al radiolocaţiei: durata dintre trimiterea unui semnal pe linie şi întoarcerea sa, măsoară distanţa la care s'a produs reflectarea semnalului, deci distanţa până la eventualul defect, mai corect, până la neuniformitatea ce apare pe linie. Aci, ca şi la toate chestiunile anterioare, se începe prin teoria metodelor de măsură, şi prin bazele teoretice pe care se bazează funcţionarea diferitelor aparate. Se studiază astfel diferite tipuri de generatori de impul: cu tiratron, generator bloching; generatori de unde dreptunghiulare; circuite de diferenţiere; amplificatori de impulsuri. Se descrie apoi schema bloc a încercătorului de linii prin impulsuri, tip ИЛ—1, şi chiar schema sa de principiu, cu explicarea funcţionării diferitelor elemente componente. Cartea cuprinde la sfârşit o serie de table: transformarea neperilor în decibeli, exponenţiala lui x, şi altele.

Cartea este foarte bine redactată şi prezintă interes atât prin faptul că cuprinde o descriere ştiinţifică şi pe larg a aparaturii de măsură sovietice utilizată în curenţii purtători, cât şi prin partea teoretică generală privind problema măsurilor atât în audio, cât şi în radio frecvenţă.

V. N. CHESSENIH: Propagarea undelor radio. Editura de Stat pentru literatură tehnico-ştiinţifică, Moscova 1952, 488 pagini.

Lucrarea de faţă este un manual destinat facultăţilor de fizică şi de fizico-matematică ale facultăţilor din Uniunea Sovietică şi se adresează studenţilor care se specializează în radiotehnică. Ca toate manualele sovietice, şi acesta se caracterizează prin înalta sa ţinută ştiinţifică, ideologică şi patriotică, prezentând un vast material, valoros din toate punctele de vedere. Pentru noi sunt importante şi prezentarea lucrărilor sovietice relative la propagarea undelor radio, cât şi lupta pe care o duce autorul împotriva idealismului şi a cosmopolitismului în domeniul acesta al propagării undelor radio. De fapt cartea este chiar mai interesantă decât arată titlul, deoarece nu tratează strict numai problema propagării undelor radio, ci pune problemele principale ale propagării undelor electromagnetice.

Cartea este formată din cinci părţi: 1 — Problemele principale ale propagării undelor radio; 2 — Tipurile simple de procese ondulatorii şi unele metode ale fizicii matematice; 3 — Excitarea şi propagarea undelor radio la suprafaţa de separare a două medii. Fenomene de difracţie în propagarea undelor radio; 4 — Impulsuri şi grupuri de undă şi unele metode de calcul a propagării undelor radio în ionosferă; 5 — Atmosfera terestră, factorii geofizici şi cosmici ce influenţează fenomenele de propagare a undelor radio.

Tratarea tuturor acestor părţi se face, aşa cum am mai spus, dintr'un înalt punct de vedere ştiinţific, patriotic şi ideologic; din punct de vedere ideologic este important în special primul capitol al primei părţi: Bazele teoriei câmpului electromagnetic, unde se arată punctul de vedere al autorului în problemele principiale relative la câmpul elec-

tromagnetic. Prima problemă tratată este aceea a eterului şi a liniilor de forţă, evident problema existenţei lor.

Precum se ştie, eterul, mediul ipotetic admis de fizicienii secolului XIX pentru a admite propagarea undelor electromagnetice, concepute ca nişte unde elastice,condusese la concluzia că acest mediu trebue să aibă proprietăţi contradictorii. De aceasta, fizicienii dela începutul secolului XX, în special după apariţia teoriei relativităţii, renunţaseră la ipoteza existenţei acestui mediu. V. N. Chessenih tratează problema existenţei eterului din punctul de vedere al filosofiei şi ştiinţei marxist-leninist-staliniste, ajungând la concluzia că „din punctul de vedere al ştiinţei actuale, se poate şi trebue să vorbim despre câmpul electromagnetic ca despre o formă de existenţă a materiei. Considerarea câmpului electromagnetic ca formă de existenţă a materiei nu atrage însă după sine existenţa unui eter separat, având o structură continuă sau atomică. Ceeace înţelegea prin eter fizica secolului XIX, aceea este forma electromagnetică a materiei" (pag. 30). „Analogia dintre ecuaţiile diferenţiale ale câmpului electromagnetic şi ecuaţiile hidrodinamicii şi acusticii, reflectă unitatea dintre diferitele forme de mişcare ale materiei, unitate ce cuprinde spaţiul şi timpul ca forme de existenţă ale materiei" (pag. 30).

In ceeace priveşte existenţa liniilor şi a tuburilor de forţă, autorul spune că „liniile de forţă ale câmpului electric şi magnetic, poziţia lor reciprocă, forma, variaţia lor în spaţiu şi timp, reflectă proprietăţi reale şi mişcarea câmpului electromagnetic, ca formă a materiei" (pag. 30). Autorul critică aci pe I. Tamm, care consideră aceste noţiuni de linii de forţă, şi de tuburi de forţă ca fiind numai nişte noţiuni auxiliare, convenţionale, ce servesc numai pentru reprezentarea grafică a vectorilor electromagnetici. După Chessenih, liniile de forţă au o existenţă tot atât de reală ca şi de exemplu cercurile anuale din trunchiul copacilor. Evident însă că nu se poate reduce câmpul electromagnetic numai la liniile şi tuburile de forţă, aşa cum se face în lucrările de popularizare. După o imagină a autorului, aceasta este comparabilă cu înlocuirea unei ape prin liniile ei de curent.

Al doilea paragraf al primului capitol tratează de asemeni o problemă importantă, aceea a ecuaţiilor câmpului electromagnetic. Lucrând în sistemul Gauss, autorul arată că ecuaţiile fundamentale ale lui Maxwell sunt :

$$\frac{I}{C}\cdot\frac{\delta D}{\delta t}+\frac{4\pi}{C}\cdot j=\text{rot } H\,; \qquad -\frac{1}{C}\cdot\frac{\delta B}{\delta t}=\text{rot } E$$

$$\text{div } D=4\pi\rho \qquad\qquad \text{div } B=0$$

Dacă însă se caută să se treacă la ecuaţiile unde se pune în evidenţă relaţia dintre mărimile de inducţie şi cele primare, atunci se obţin ecuaţiile lui V. C. Arcadiev

$$\frac{\varepsilon_r}{C}\cdot\frac{\delta E}{\delta t}+\frac{4\pi\sigma}{C}E=\text{rot } H\,; \qquad \frac{\mu_r}{C}\cdot\frac{\delta H}{\delta t}+\frac{4\pi\rho_m}{C}H=-\text{rot } H$$

unde mărimile ε_r, μ_r, σ, ρ_m, pot fi tensori (în mediile anisotrope). Termenul „ecuaţiile lui Maxwell" în sens propriu trebue să fie rezervat ecuaţiilor scrise sub o formă în care nu apare legătura dintre D şi E, B şi H.

Paragraful al treilea se ocupă de energia câmpului electromagnetic, şi începe prin a arăta prioritatea lui Umov în această privinţă. Se ştie anume, că în anul 1874, N. A. Umov a dat legea generală de conservare a energiei în mediile elastice, lege care rămâne valabilă în orice câmp, deci şi în câmpul electromagnetic. In această privinţă trebue menţionat că autorul îşi exprimă părerea relativ la propagarea energiei electromagnetice în curent continuu, arătând că I. E. Tamm greşeşte în lucrarea sa „Bazele teoriei electricităţii" atunci când afirmă realitatea fluxului de energie în câmpurile statice. Greşala constă în aplicarea nejustă a teoremei conservării cantităţii de mişcare, în sistemul condensator-magnet.

In paragrafele următoare se desvoltă teoria clasică a potenţialelor electromagnetice, şi a radiaţiei dipolului elementar, tratând pe scurt şi unele probleme relative la antene filare.

Capitolele următoare tratează despre „Proprietăţile electromagnetice ale substanţelor şi metodele de măsură" (capII) „Metode de măsură a intensităţii câmpului electromagnetic şi a puterii undelor radio" (cap. III). „Particularităţile propagării undelor radio, în funcţie de lungimea de undă" (cap. IV), capitol în care se expune pe scurt principalele fenomene ce apar la propagarea undelor radio la suprafaţa pământului. Acest capitol constitue un punct de legătură cu lucrarea lui Doluhanov „Propagarea undelor radio".

Partea a doua tratează tipurile elementare de unde : plane, cilindrice şi sferice, prezentarea fiind făcută riguros şi cu un aparat matematic desvoltat : funcţii Bessel, Hankel, etc.

In partea a treia se studiază printre altele efectul pelicular şi propagarea undelor deasupra unui sol neuniform. Aci abundă integrale în planul complex şi ecuaţiile integrale, prezentându-se lucrările lui E. L. Feinberg, M. A. Leontovici, G. A. Grinberg. De asemeni se tratează şi problema difracţiei undelor radio, problemă în care şcoala sovietică a adus o contribuţie foarte însemnată, prin studiile lui V. A. Fok care a dat teoria exactă a propagării undelor electromagnetice în jurul pământului sferic. Tot aci se expun şi metodele optice de studiere a difracţiei.

Partea a patra studiază propagarea în medii dispersive, punând în evidenţă fenomenele speciale care apar în acest caz. Se studiază de asemenea propagarea undelor într'un mediu stratificat paralel, şi chiar anizotrop, probleme dificile din punct de vedere matematic. Această parte se închee cu expunerea unor fenomene liniare şi neliniare ce au loc în ionosferă : efectele Bonci-Bruevici şi Ţelişcev.

Ultima parte, a cincea, cuprinde două capitole. In primul se studiază geofizica şi astroheliofizica ionosferei, iar în ultimul paraziţii radio : atmosferici, solari şi cosmici.

La sfârşitul cărţii se dau o serie de materiale auxiliare : relaţiile dintre diferitele unităţi electrice, elemente de algebră vectorială, transcrierea ecuaţiei undelor în diferite sisteme de coordonate triortogonale, şi altele.

Lucrarea este extrem de valoroasă, atât prin contribuţiile ideologice cât şi prin cele patriotice şi ştiinţifice, înlătură multe confuzii şi arată atât dificultatea problemelor legate de propagarea undelor radio, cât şi uriaşul aparat matematic şi fizic de care este nevoe pentru a înţelege aceste fenomene, care nu pot fi abordate — aşa cum just subliniază autorul — prin metodele simpliste ale imaginilor fizice gen linii de forţă.

Prof. Ing. *Edm. Nicolau*

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academeiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească, în general, 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeț, pe ambele exemplare.
In mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografii; numărul lor să fie însă numai cel strict necesar înțelegerii textului.
Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9 × 12 cm.
Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, care să cuprindă neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și foarte citeț. Indicii să fie scrișI mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeț, numele și pronumele complect, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon, spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie, precum și domiciliul și circumscripția financiară pentru a li se putea remite drepturile de autor.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolel r și a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POȘTALE DELA ORAȘE ȘI SATE, PRIN FACTORI POȘTALI, PRIN PROPAGANDIȘTI, PRECUM ȘI LA SECȚIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

Tarif pentru întreprinderi — *LEI 96 anual*

„ pentru muncitori, tehnicieni, ingineri — *LEI 30 „*

AU APĂRUT IN:

EDITURA ENERGETICĂ

L. M. Piotrovschi: **Maşini electrice** (trad. din limba rusă) 788 pag. 65 lei

C. A. Crug: **Bazele electrotehnicii.** vol. II (trad. din limba rusă) . . . . . 508 „ 40 „

I. P. Jerebţov: **Radiotehnica pentru amatori** (trad. din limba rusă) . . . . . 462 „ 19,45 „

V. G. Borisov: **Tânărul radioamator** (trad. din limba rusă) . . . . . 344 „ 11,90 „

P. D. Sveţov: **Repararea, revizia şi exploatarea maşinilor şi turbinelor cu abur** (trad. din limba rusă) 220 „ 11,75 „

I. Simionescu şi B. Feldman: **Îndrumător pentru instalatorii electricieni** . . . . . 168 „ 6,55 „

S. D. Clemenţiev: **Releul fotoelectric şi aplicaţiile lui** (trad. din limba rusă) . . . . . 116 „ 1,75 „

S. I. Belinschi: **Termoficarea şi centralele electrice de termoficare** (trad. din limba rusă) . . . . . 84 „ 1,30 „

N. A. Caraulov şi G. I. Rosievschi: **Cum este construită o centrală electrică rurală** (trad. din limba rusă) . . . . . 64 „ 1 „

S. A. Neiman: **Protecţia radiorecepţiei împotriva paraziţilor** (trad. din limba rusă) . . . . . 92 „ 1,60 „

G. A. Sniţerev: **Cele mai simple măsurări electrice** (trad. din limba rusă) . . . . . 96 „ 1,60 „

COLECŢIA ENERGETICĂ

C. B. Mazel: **Redresori şi stabilizatori de tensiune** (trad. din limba rusă) . . . . . 120 „ 7,10 „

A. P. Zlatcovschi şi V. A. Şustov: **Posturi de transformare pe stâlpi** (trad. din limba rusă) . . . . 74 „ 4,75 „

E 2040/d

X9

Institut de Documentare Tehnică
Institut de Documentare Tehnică
ÜBERSETZ - ÜBERE
AYMEHA - AYMIANA
TAUSCH - CMEHA

REFERÁLVA

KAT

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

9

2175

PENTRU UZ INTERN

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

1953

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

APARE LUNAR SUB INGRIJIREA UNUI COMITET DE REDACŢIE

Anul I · Nr. 9 Septembrie 1953

Număr elaborat în colaborare cu Institutul de Energetică al Academiei R. P. R.

Номер составленный в сотрудничестве с Институтом Энергетики Академии Р.Н.Р.

CUPRINSUL

	Pag.
I. S. Gheorghiu: Din activitatea Institutului de Energetică	1
Problema forţelor axiale la transformatorii electrici de forţă	5
M. Marinescu: Cercetări în domeniul maşinilor electrice cu inductanţă variabilă	16
I. S. Antoniu şi *Gh. Dragu*: Determinarea caracteristicilor tensiunilor de şoc cu ajutorul klidonografului	20
A. Avramescu: Calculul încălzirii staţionare a contactelor electrice	25
S. Mastero: Introducere în studiul experimental al rezistenţelor de contact	35
A. Moraru: Amplificatorul rotativ de curent continuu — amplidina	40

DOCUMENTARE

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
И. С. Георгиу: Из деятельности Института Энергетики	1
Вопрос осевых усилий в силовых трансформаторах	5
М. Маринеску: Исследования в области электрических машин с переменной индуктивностью	16
И. С. Антониу и *Г. Драгу*: Определение характеристик импульсных напряжений с помощью клидонографа	20
А. Аврамеску: Рассчет стационарного нагрева электрических контактов	25
С. Мастеро: Введение в экспериментальное изучение контактных сопротивлений	35
А. Морару: Электромашинный усилитель постоянного тока — амплидин	40

ДОКУМЕНТАЦИЯ

REDACŢIA: Bucureşti, B-dul 1848 Nr. 10
Raionul Tudor Vladimirescu
Telefon: 30736 — 35728

DIN ACTIVITATEA INSTITUTULUI DE ENERGETICĂ

Acad. prof. I. S. GHEORGHIU
Director al Institutului de Energetică

In cadrul activității științifice a Academiei R.P.R., strâns legată de problemele actuale și de perspectivă ale construirii socialismului în țara noastră, îi revine Institutului de Energetică importanta sarcină de a efectua cercetările legate de valorificarea resurselor energetice ale țării, alimentarea în condiții optime cu energie a diferitelor sectoare economice, precum și studiul utilizării energiei sub diversele ei forme.

Odată cu elaborarea și trecerea la înfăptuirea Planului de Electrificare, această problemă capătă o importanță din ce în ce mai mare.

Institutul de Energetică s'a străduit să contribue în cât mai mare măsură la realizarea Planului de Stat și Planului de Electrificare, alcătuindu-și planul său de activitate în colaborare cu diferitele departamente, astfel încât problemele puse să corespundă unor necesități reale din domeniul energeticei noastre.

Pentru îndeplinirea acestui plan de lucru, Institutul s'a preocupat de crearea condițiilor necesare desfășurării unei activități științifice organizate și anume : afectarea unui personal științific permanent, care, lucrând alături de colaboratorii externi, să asigure o continuitate în efectuarea cercetărilor programate ; amenajarea și utilarea unui local propriu, care să reunească toate secțiile cu laboratoarele, atelierul, biblioteca, personalul administrativ etc.

Din problemele ce au fost rezolvate în Institutul de Energetică vom aminti :

Studiul posibilității de apariție a inversiunii fazelor în cazul întreruperii unei faze

In legătură cu proectarea sistemelor electroenergetice, Institutul de Energetică al Academiei R.P.R., s'a preocupat în special de studierea fenomenelor care produc întreruperi în furnizarea energiei electrice și defectări în instalațiile electrice respective, cu scopul de a găsi măsurile cele mai potrivite pentru evitarea acestor accidente.

In acest sens s'a pus la punct o metodă pentru calculul inversiunii fazelor în cazul întreruperii unei faze în rețelele electrice de înaltă tensiune ; acest fenomen, deși apare rar, este deosebit de periculos prin amploarea avariilor pe care le poate produce. Metoda de calcul elaborată permite predeterminarea condițiilor în care defectul poate apare și deci eliminarea posibilităților de apariție a unui asemenea defect deosebit de grav.

Unul din defectele cele mai supărătoare în rețelele de înaltă tensiune cu neutrul izolat, este acela care se produce în cazul punerii la pământ a unei faze ; acest defect, foarte frecvent în unele rețele electrice, este periculos în special prin faptul că supratensiunea ce o produce antrenează defectări simultane în diferite puncte ale rețelei și provoacă numeroase întreruperi în furnizarea energiei electrice.

O explicație mulțumitoare a acestui fenomen nu s'a putut da până astăzi. Deaceia nici nu au fost găsite mijloace sigure de protecție, Inscriind această problemă în programul său, Institutul de Energetică, prin unul din colectivele sale, a reușit să elaboreze o nouă teorie care permite predeterminarea supratensiunilor posibile, în funcție de condițiile de exploatare a sistemului electric dat. Această teorie, care a fost confirmată de calculele efectuate asupra câtorva cazuri reale, reprezintă o contribuție importantă în cunoașterea unei surse curente de defecte și întreruperi în rețelele electrice, dând posibilitatea de a preîntâmpina aceste defecte.

Supratensiuni de origină atmosferică în rețelele electrice

In problema supratensiunilor de origină atmosferică, care reprezintă sursa celor mai multe avarii în rețelele electrice, s'au făcut studii asupra repartizării zonelor periclitate pe teritoriul țării (în legătură cu aceasta a fost întocmită prima hartă keraunică pentru țara noastră), asupra metodelor de măsurare a supratensiunilor și a curenților de trăsnet, asupra metodelor de protecție.

Calculul forțelor axiale în caz de scurt circuit la transformatorii electrici

Pentru a veni în ajutorul industriei noastre electrotehnice, căreia îi revine sarcina de a construi mașini electrice de mare putere, aparataje electrice de înaltă tensiune și o mare varietate de utilaj electrotehnic, Institutul de Energetică se preocupă de a pune la dispoziția

constructorilor de mașini și aparate electrice, metoda de calcul și proiectare, în vederea ridicării siguranței în funcționare și a economisirii unor materiale deficitare.

Astfel, în legătură cu realizarea în țară a transformatorilor de mare putere și de înaltă tensiune, se pune problema determinării suficient de precise a forțelor mecanice care solicită bobinele transformatorului în caz de scurt-circuit, problemă de mare importanță, deoarece cele mai multe distrugeri de transformatori se datoresc smulgerii bobinelor din această cauză. Metodele de calcul cunoscute dau erori mari.

In urma calculelor și încercărilor efectuate de un colectiv al Institutului de Energetică al Academiei R.P.R., asupra transformatorilor ce se construesc în țară, s'a ajuns la elaborarea unor noi metode și anume : o metodă teoretică bazată pe extinderea metodei indicate de savantul sovietic G. N. Petrov pentru calcularea reactanțelor și o nouă metodă semiempirică, ca variantă a metodelor semiempirice cunoscute. și care conduce la rezultate mai exacte și mai ușor de aplicat.

Calculul și proiectarea amplidinei

O problemă întâlnită în diferite ramuri industriale, în legătură cu acționarea electrică a ecluzelor marilor canale, a diferitelor mașini din industria de hârtie, din industria textilă, din industria cinematografică etc., este aceea a acționării simultane și cu viteze riguros egale a unor instalații așezate la distanțe mari unele de altele — sau a căror amplasare împiedică instalarea unor transmisii mecanice. Această problemă se rezolvă prin instalarea unui arbore electric — adică a unui complex de mașini electrice legate prin anumite transmisiuni electrice. Dimensionarea și proiectarea arborelui electric nu era însă cunoscută proiectanților din țara noastră. Pe bază de calcule și determinări experimentale au fost puse la punct de către un colectiv al Institutului de Energetică al Academiei R.P.R., normele de proectare pentru arborele electric în vederea diferitelor sale aplicații.

Studiind aplicațiile mașinilor electrice în domeniul automatizării proceselor industriale, Institutul de Energetică a pus la punct bazele de proiectare ale celei mai larg și variat utilizate mașini electrice amplificatoare, care este amplidina, puțin cunoscută la noi în țară. Institutul ținând seamă de tehnologia fabricilor noastre constructoare de mașini electrice, a întocmit două proiecte de construcție a unor prototipuri de amplidină, dintre care unul a fost dat spre executarea Ministerului Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice, iar celălalt se execută în atelierul Institutului.

Realizarea în țară a amplidinei va permite rezolvarea unor probleme importante de acționări electrice, precum : reglarea automată a vitesei motoarelor electrice, în special la laminoare, reglajul automat al tensiunii generatorilor electrici etc.

Studiul mașinilor electrice cu inductanță variabilă

Urmând calea deschisă de savanții sovietici Papalexi și Mandelstam în ceeace privește crearea unor mașini electrice bazate pe un nou principiu de funcționare — mașini electrice cu parametrii variabili — un colectiv al Institutului de Energetică al Academiei R.P.R., cercetează baza de calcul a acestor noi tipuri de mașini electrice și totodată studiază experimental aplicațiile practice ale acestui nou principiu. In primul rând se urmărește crearea, pe baza acestui principiu, a unui nou tip de ciocan electric pentru nituit, pentru abataje etc. Se știe că instalațiile pneumatice, care alimentează ciocanele pneumatice — curent folosite în industrie — au un randament energetic deosebit de scăzut și deaceia înlocuirea ciocanelor pneumatice prin ciocane electrice prezintă o mare importanță.

Studiul economisirii de combustibil prin introducerea termoficării în R.P.R.

Termoficarea — producerea simultană de energie și căldură prin utilizarea în procese industriale și pentru încălzit, a căldurii aburilor care au lucrat în turbine — constitue una din cele mai însemnate realizări ale energeticei sovietice, permițând să se obțină mari economii de combustibil. Introducerea termoficării la noi în țară preocupă îndeaproape și pe proiectanții de centrale termo-electrice din R.P.R. Pe lângă importanța pe care o reprezintă problema termoficării, în ceeace privește economia de combustibil, realizarea pe baza termoficării a alimentării centralizate cu aburi și apă caldă a unor întregi cartiere de locuințe, va permite crearea unor condiții higienice mult superioare, înscriindu-se astfel în opera de reconstrucție socialistă a orașelor noastre.

Aplicarea termoficării pe o scară largă este însă condiționată de rezolvarea prealabilă a unor probleme tehnico-economice în legătură cu clima și condițiile economice ale țării noastre.

Ținând seama de importanța deosebită pe care o are această problemă pentru energetica din țara noastră, i s'a dat o desvoltare corespunzătoare și în tematica Institutului de Energetică.

Paralel cu elaborarea teoretică a bazelor de calcul pentru alegerea soluțiilor optime, care să țină seama de condițiile climaterice și economice specifice țării noastre, au fost studiate și două cazuri concrete și anume : un caz de încălzire prin termoficare a unui cartier dintr'un mare oraș și un caz de termoficare mixtă (industrială și urbană) a unui centru industrial. Prin studierea a două cazuri tipice, cu regimuri de temperatură caracteristice pentru câte o regiune a țării, au reeșit concluzii importante pentru rezolvarea problemei termoficării.

Ridicarea randamentului termic al întreprinderilor prin recuperarea pierderilor de căldură

Energetica industrială studiază problemele privind diversele transformări ale energiei în industrie, ținând seama de interdependența proceselor energetice și a proceselor tehnologice, care utilizează energia ; acestui capitol îi revine o deosebită importanță în cadrul cercetărilor.

Energetica sovietică dă nenumărate exemple în care prin utilizarea căldurii conținute în gazele arse, în apa de răcire, etc., prin utilizarea deșeurilor combustibile sau prin diferite modificări ale schemei energetice — se obțin reduceri considerabile ale consumului de combustibil sau se pun în valoare aproape gratuit cantități importante de energie.

Deoarece cea mai mare parte a energiei este folosită în industrie sub formă de căldură, iar randamentul utilizării energiei termice este cel mai scăzut, Institutul de Energetică și-a concentrat atenția asupra îmbunătățirii randamentelor termice în industrie.

S'au obținut succese în această direcție, în special în domeniul industriei siderurgice. Astfel, dându-se o nouă utilizare gazelor de furnal în cadrul procesului tehnologic, s'a putut obține o importantă economie de cocs, precum și îmbunătățirea esențială a condițiilor de muncă, prin eliminarea gazelor nocive.

In ceeace privește industria de hârtie, pe baza cunoașterii bilanțului termic al unei fabrici, s'a studiat posibilitatea utilizării în procesul tehnologic a unei importante cantități de căldură, care azi se pierde.

Studiul teoretic și experimental al contactelor electrice

In aparatele de joasă și înaltă tensiune contactele constituesc o problemă spinoasă, atât la construcție, cât și în exploatare. Cu toate studiile și cercetările întreprinse și publicate în ultimul timp asupra contactelor, care au relevat între altele noi concepții asupra naturii fizice a contactelor, numeroase probleme privind teoria, comportarea, parametrii și influențele contactelor rămân încă neclarificate. Industria electrotehnică cere pe drept cuvânt un ajutor substanțial pentru rezolvarea problemelor concrete care se pun în legătură cu materialul, forma, presiunea, sarcina, încălzirea și uzura contactelor.

Pentru a răspunde acestor cerințe în Secția de Electrotehnică a Institutului de Energetică s'au programat și întreprins o serie de cercetări teoretice și experimentale pentru lămurirea comportării contactelor, ținând seama în mod deosebit de condițiile reale în fabricație și exploatare, pentru a putea da un ajutor efectiv industriei.

In primul rând s'a strâns și sistematizat materialul documentar privind contactele, consultând și studiind toate sursele disponibile și mai ales pe cele sovietice. Pe baza materialului documentar și a necesităților industriei s'au fixat obiectivele principale și întocmit planurile definitive de lucru.

Cercetările teoretice s'au referit pe de o parte la influența presiunii asupra rezistenței de contact, utilizând în acest scop pe o scară largă schema contactelor de dispersiune, în care rezistența este dată de strictiunea liniilor de curent, pe de altă parte la încălzirea staționară a contactelor de diferite forme.

Cercetările experimentale au început după ce s'au realizat câteva dispozitive speciale de cercetare a contactelor. Dintre acestea cea mai remarcabilă este o balanță care permite măsurarea precisă a forței de presare a contactelor în limite foarte largi începând cu fracțiuni de grame până la sute de kilograme. Această forță se aplică strict normal pe suprafața de contact. In același timp s'a proiectat și realizat o instalație specială de alimentare cu curent alternativ până la 1 kA, constând din doi transformatori în serie, ceeace permite o reglare connuă și fină a curentului. Măsurarea temperaturei se efectuează pe același dispozitiv cu ajutorul unor termoelemente etalonate. Se mai măsoară cu dispozitive speciale (compensatori, punți, voltmetre electronice) căderea de tensiune în contacte.

Executarea concomitentă a acestor măsurători permite a descoperi relații interesante între diferiții parametri de care depinde comportarea contactelor.

Posibilitatea obținerii de energie la exploatările de gaze naturale

In exploatările de gaze naturale, sondele debitează gazele la presiuni variate care depind de diferiți parametrii ca : orizontul la care se află zăcământul, gradul său de epuizare, etc. Utilizarea gazului necesită transportul lui la presiuni care depind de distanța la care se transportă. Rezultă că presiunea la care debitează sonda este în general diferită de presiunea la care se livrează gazele pe conducta de transport, aceste două presiuni depinzând de factori care sunt independenți unii de alții. Din această cauză la exploatarea gazelor naturale se întâlnesc următoarele cazuri :

a) presiunea unor sonde în exploatare este mai mare, sau cel mult egală cu presiunea necesară la transport ;

b) alte sonde au presiunea inferioară presiunii necesare transportului și cu toate că ele ar mai putea furniza cantități destul de însemnate de gaze, sunt închise.

Atunci când gazele sunt livrate de sondă la presiuni superioare, gazele sunt laminate pentru a se reduce presiunea la valoarea necesară transportului, pierzându-se astfel posibilitatea de a câștiga o însemnată cantitate de energie. Deasemenea, se renunță la exploatarea unor zăcăminte din orizonturile superioare, atunci când presiunea acestora este inferioară presiunii necesare la transport. Din cele expuse se

constată o defectuoasă folosire a posibilităților câmpurilor de gaze naturale, deoarece:

— se renunță la posibilitatea de obținere de energie cu ajutorul gazelor debitate la presiuni mari;

— nu se extrage întreaga cantitate de gaze dintr'un zăcământ;

— se impune forarea de noi sonde, deși cele existente nu au epuizat încă întregul zăcământ.

Pentru a pune în valoare energia conținută în gazele naturale de presiune înaltă, literatura sovietică recomandă folosirea turbinei cu gaze și a compresorului cu jet de gaze, ca de pildă în următoarele cazuri:

a) presiunea sondelor net superioară presiunii necesare transportului. In acest caz, se poate obține o cantitate de energie electrică, utilizându-se o turbină cu gaze în care gazele sunt destinse înainte de a fi livrate pe conducta de transport.

b) presiunea, la unele sonde superioară, la altele inferioară presiunii necesare transportului. In acest caz, cu ajutorul *compresorului cu jet de gaze* se poate ridica presiunea gazelor livrate de sondele de presiune inferioară prin destinderea gazelor livrate de sondele de presiune superioară.

c) în anumite cazuri, se poate realiza o schemă nouă, prin combinarea schemelor descrise la punctele *a*) și *b*).

In cazul în care, în cadrul unei exploatări, unele sonde debitează la o presiune superioară presiunii necesare transportului și alte sonde debitează la o presiune inferioară presiunii de transport, s'a folosit cu succes un compresor cu jet de gaze pentru a mări debitul de gaze în conducta de transport, folosind pentru comprimarea gazelor de joasă presiune energia conținută în gazele de presiune superioară.

Utilizarea rațională a combustibililor folosiți în motoarele cu ardere internă în R.P.R.

La această temă deosebit de importantă pentru economia țării noastre lucrează Colectivul de Motoare cu Ardere Internă. In cadrul temei care cere efectuarea de lucrări experimentale, s'a pus ca primă sarcină crearea unui laborator adecuat de cercetări, utililat cu mijloace experimentale și aparatură modernă. S'au proiectat și executat în acest scop mai multe bancuri de probă și o serie de instalații auxiliare, necesare lucrărilor experimentale.

Paralel cu înzestrarea laboratorului, colectivul lucrează la două probleme din tema propusă. Astfel în cursul lunilor ce urmează, vor începe încercările experimentale necesare pentru rezolvarea problemei trecerii motoarelor cu combustie internă la funcționarea cu gaz metan, problemă importantă pentru economisirea combustibililor superiori la noi în țară. Deasemenea colectivul a început studiul problemei comportării motoarelor de tractor KD—35 la funcționarea cu motorină de cracare, problemă cerută de Ministerul Agriculturii și Ministerul Petrolului și legată de sarcinile trasate de plenara lărgită a Comitetului Central al P. M. R., din 19—20 August 1953 — pentru asigurarea agriculturii cu tractoare și mașini.

Studiul statistic al cărbunilor

Este o lucrare de amploare care pune la dispoziția departamentelor și instituțiilor datele chimico-tehnice ale cărbunilor din țară și interpretarea lor privind însușirile cărbunilor noștri și modul cum ei pot fi utilizați termoenergetic, și chimico-tehnologic, tot așa cum o altă problemă din sectorul tehnologiei combustibililor solizi și anume *gazeificarea cărbunilor din țară* — prin datele furnizate institutelor și proiectelor interesate ajută la realizarea gazogenelor respective.

* * *

In fața Institutului stau în viitor sarcini de covârșitoare importanță. Știința energeticei este menită să contribue la mărirea producției, la mecanizarea și ușurarea muncilor grele, la creșterea rapidă a productivității muncii, având ca urmare reducerea prețului de cost, la crearea bazei tehnice, necesare ridicării nivelului cultural și material al poporului.

In îndeplinirea acestor măreți scopuri îi revine Institutului de Energetică sarcina de a urmări în viitor cu și mai mare stăruință marile probleme pe care le pune economia țării și care sunt: utilizarea rațională a izvoarelor de energie, producția utilajului electric, exploatarea instalațiilor de producere, transformare, transport și utilizare a energiei, sub diversele ei forme, toate probleme arzătoare, a căror rezolvare cere temeinice studii și cercetări științifice.

Urmărind continuu întărirea legăturii cu producția, intensificând munca de creștere a cadrelor tinere, mărind exigența în cercetarea cât mai adâncă a problemelor ce i se pun, Institutul de Energetică este menit a deveni o verigă importantă în desvoltarea tehnică și științifică a țării noastre.

PROBLEMA FORȚELOR AXIALE LA TRANSFORMATORII ELECTRICI DE FORȚĂ

Acad. Prof. I. S. GHEORGHIU

In articolul de față se studiază în mod critic diferitele metode pentru determinarea forțelor axiale care lucrează asupra înfășurărilor transformatorului în caz de scurt circuit. și se propune o nouă metodă pentru determinarea acestor forțe. Noua metodă este o metodă în variantă a metodelor semiempirice, bazate pe determinarea experimentală a variației inductanței globale de scăpări cu denivelarea una față de cealaltă a celor 2 bobine de înaltă și joasă tensiune. In această nouă metodă se aplică principiul suprapunerii efectelor, și se stabilesc noui formule pentru forțele componente a căror sumă algebrică dă forța rezultantă totală.

Una din problemele cele mai grele care se pun la proectarea transformatorilor electrici de mare putere, este determinarea prin calcul a forțelor axiale care acționează asupra bobinelor transformatorului.

Aceste forțe devin foarte mari atunci când un scurt-circuit se produce la bornele transformatorului sau în apropierea lor.

Aceste forțe axiale apar numai atunci când cele două bobine de înaltă și de joasă tensiune au înălțimi diferite, sau în cazul când având aceiași înălțime, spirele nu mai sunt repartizate uniform pe înălțimea lor, ci sunt mai dese în unele părți și mai rare în altele. In acest din urmă caz bobinele cu repartiție neuniformă de spire se pot înlocui cu două bobine cu repartiție uniformă și de înălțime inegală (fig. 1).

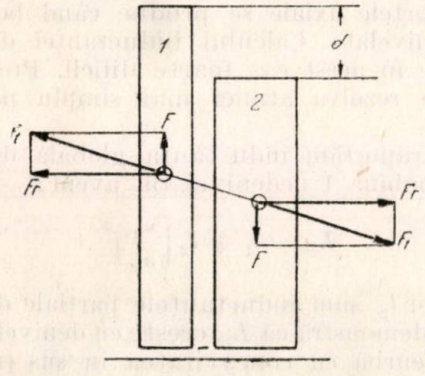


Fig. 1.

Intre spirele celor două bobine de înaltă și de joasă tensiune parcurse în cea mai mare parte din timp de curenți de sens contrar se exercită o acțiune de repulsie.

Bobinele fiind rigide se poate admite că această acțiune de repulsie se exercită asupra centrelor de greutate ale celor 2 bobine, prin 2 forțe F_t aplicate în aceste centre de greutate.

Forțele F_t se descompun în două componente : una radială F_r și alta axială F.

Componentele radiale tind a îndepărta cele 2 bobine una de alta în sens radial.

Componentele axiale tind să deplaseze axial una față de alta cele două bobine, în așa sens încât disimetria să fie sporită.

Determinarea forței radiale este o problemă relativ simplă, care se poate considera ca definitiv rezolvată.

Deplasarea axială a bobinelor este însă un fenomen mai complicat decât deplasarea radială. Ea constitue o problemă asupra căreia teoria mașinilor electrice nu și-a spus încă ultimul cuvânt.

Determinarea acestor forțe axiale la proectarea unui transformator a făcut obiectul unei probleme studiate de un colectiv al Institutului de Energetică al Academiei, format din Academicianul I. S. Gheorghiu și inginerii Fransua Alexandru și Moraru Augustin.

Cum de obiceiu ambele bobine, cea de înaltă și cea de joasă tensiune, sunt de înălțime egală și simetrice în raport cu axa OO' a mijlocului lor, s'ar părea la prima vedere că nu trebue să apară nici o forță axială.

Dar cel puțin una din bobine, de obiceiu cea de înaltă tensiune (bobina 2 din fig. 2) este alcătuită din mai multe bobine având densități diferite de spire (adică număr diferit de spire pe cm. de înălțime de bobină). Aceasta înseamnă că acțiunea bobinei 2 ar putea fi considerată ca fiind echivalentă cu a unei bobine de înălțime $h_2 < h_1$ și având aceeași densitate de sus până jos.

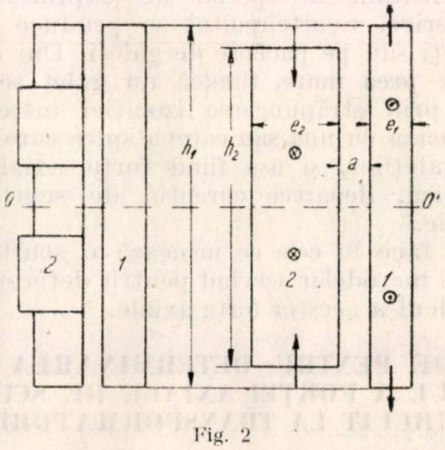


Fig. 2

Cum de obiceiu bobinele sunt simetrice în raport cu axa lor mijlocie, rezultă că cele 2 bobine echivalente de înălțimi inegale sunt denivelate la ambele capete.

Ipoteza că bobinele se acționează reciproc prin 2 forțe rezultante și egale aplicate în centrele lor de simetrie, care sunt și centrele de greutate, ca și când toate amperspirele ar fi concentrate în aceste centre de simetrie, presupune însă implicit că bobinele sunt perfect rigide. Dar bobinele sunt rigide numai la compresiune grație atracției între spire, nu și la tracțiune. Atunci jumătățile de sus și de jos

vor acționa separat una asupra alteia, și fiindcă aceste jumătăți sunt denivelate, vor apare 2 forțe axiale care vor acționa în sens contrar fiecare din cele 2 jumătăți de bobine ale uneia și celeilalte din cele două înfășurări, după cum se arată în figura 2. Pentru bobina scurtă aceste 2 forțe produc numai o compresiune în interiorul bobinei, fără nici un efect exterior.

Bobina lungă fiind acționată la tracțiune, se va desprinde de undeva. Motive de simetrie ne spun că desprinderea se va face dela mijloc.

Fiecare din jumătățile unei bobine, va acționa atunci separat jumătatea din față a celeilalte bobine.

Aceste forțe axiale trebuesc calculate la cel mai mare curent ce poate trece prin transformator, care este curentul de scurtcircuit. Fiindcă scurtcircuitul se produce înainte de a se face deslipirea bobinelor, calculul curentului de scurtcircuit se face cu întreaga impedanță a bobinelor.

Fiindcă transformatorii au prize de reglaj, deobiceiu 3 prize, trebue văzut care din cele 3 prize dă cea mai mare denivelare între cele 2 jumătăți de bobină. Obișnuit, la transformatorii mari, galeții de reglaj se așează la mijlocul înfășurării de înaltă tensiune, iar galeții de șoc la cele 2 capete; și unii și alții au densități de spire mai mici decât corpul principal. In aceste condiții cazul cel mai desavantajos pentru forțe se obține, cel mai adesea, cu toate bobinele de reglaj în circuit.

Forțele axiale se produc și în caz de scurtcircuit în interiorul transformatorului prin străpungerea izolației între spire, cauzată de supratensiuni, în special de supratensiunile atmosferice. Scurtcircuitul se produce atunci pe galeți sau pe pachete de galeți. Dar efectul nu este prea mare, fiindcă un galet scurtcircuitat prin străpungerea izolației între spire echivalează cu una sau câteva spire care ar lua locul galeților, și așa fiind forța axială este mai mică, deoarece curentul de scurtcircuit este mic.

Vom face în cele ce urmează o scurtă descriere a metodelor servind pentru determinarea prin calcul a acestor forțe axiale.

METODE PENTRU DETERMINAREA PRIN CALCUL A FORȚEI AXIALE DE SCURTCIRCUIT LA TRANSFORMATORI

Metodele cunoscute până azi pentru determinarea forței axiale la transformatori se împart în două categorii:

1. Metode semiempirice;
2. Metode teoretice.

Le vom descrie pe rând pe fiecare din ele.

1. METODE SEMIEMPIRICE

Metodele semiempirice se aplică în 3 variante: varianta Pistoye, varianta Denis Papin și metoda nouă în variantă a colectivului Academiei, care a studiat această problemă (metoda suprapunerii efectelor).

a) Metode Pistoye și Denis Papin

Toate metodele semiempirice se bazează pe aplicarea formulei cunoscute:

$$F = \frac{1}{2} I_k^2 \frac{dL_s}{dx} 10^{-8} \qquad (1)$$

unde I_k este curentul exprimat în amperi, L_s inductanța globală de scăpări exprimată în cm (unitatea CGS e.m. de inductanță), iar x este deplasarea măsurată în cm.

In această formulă inductanța globală L_s este raportată la aceiași înfășurare pentru care s'a luat curentul I_k de scurtcircuit.

Ca să calculăm pe F trebue deci să cunoaștem pe L_s.

Se cunoaște formula clasică a inductanței globale de scăpări L_s:

$$L_s = 4\pi w^2 \frac{C}{h}\left(\frac{e_1 + e_2}{3} + a\right) = 12{,}5\ w^2 \frac{C}{h}\left(\frac{e_1 + e_2}{3} + a\right) \qquad (2)$$

unde w este numărul de spire al înfășurării la care raportăm pe L_s, C este lungimea medie a unei spire, h înălțimea, aceiași a celor 2 bobine, și a distanța între ele, toate lungimile fiind exprimate în cm., iar L_s în unități CGS e.m. adică tot în cm.

Teoria clasică stabilește formula inductanței de scăpări în ipoteza că cele 2 bobine de înaltă și joasă tensiune au aceeași înălțime h.

Dar forțele axiale se produc când bobinele sunt denivelate. Calculul inductanței de scăpări este în acest caz foarte dificil. Problema se poate rezolva atunci mai simplu pe cale empirică.

Dacă raportăm inductanța globală de scăpări la bobina 1 nedenivelată, avem:

$$L_{1s} = l_1 + l_2\left(\frac{w_1}{w_2}\right)^2$$

unde l_1 și l_2 sunt inductanțele parțiale de scăpări. Se demonstră că L_{1s} crește cu denivelarea δ după o curbă cu concavitatea în sus (fig. 3).

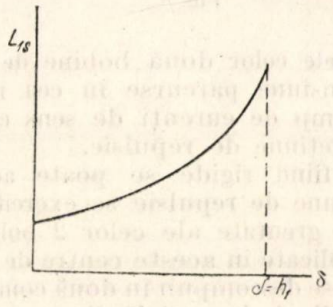


Fig. 3

Să exprimăm această creștere printr'un coeficient de spor K, aplicat la aceeași formulă (2).

Dar această formulă presupune că ambele bobine au aceeași înălțime, ceeace nu mai este cazul.

Vom înlocui atunci cele 2 bobine reale prin 2 bobine virtuale care ne-ar da aceeași inductanță L_{1s} ca și bobinele reale, care ar avea

aceiași înălțime h_m, cuprinsă între h_1 și h_2, și în care bobina nedenivelată ar avea numărul ei constant de spire w_1, iar bobina denivelată ar avea numărul de spire w_2 cu care ar rămâne după denivelare.

Dacă raportăm pe L_{1s} la bobina nedenivelată avem deci :

$$L_{1s} = K\, 4\pi w_1^2 \frac{C}{h_m}\left(\frac{e_1 + e_2}{3} + a\right) \text{ în cm, unde } h_m$$

este o valoare medie între h_1 și h_2.

De altă parte avem pentru bobinele reale, nedenivelate :

$$L_{1s0} = 4\pi w_2^1 \frac{C}{h_1}\left(\frac{e_1 + e_2}{3} + a\right)$$

Rezultă :

$$K = \frac{L_{1s}}{L_{1s0}} \cdot \frac{h_m}{h_1}$$

unde L_{1s0} și h_1 sunt 2 constante.

L_{1s0} fiind o constantă, coeficientul K va varia deci și el ca și L_{1s} tot după o curbă cu concavitatea în sus, dar acuzând o variație mai puțin rapidă ca L_{1s} fiindcă $h_m < h_1$;

Derivând atunci pe L_{1s} avem :

$$\frac{d\,L_{1s}}{d\delta} = \frac{dK}{d\delta} 4\pi w_1^2 \frac{C}{h_m}\left(\frac{e_1 + e_2}{3} + a\right).$$

Inlocuind în formula (1) a forței F pe $\frac{dL_{1s}}{d\delta}$ și punând $\frac{e_1 + e_2}{3} + a = \varepsilon$, se obține :

$$F = 2\pi\, (I_{1k}\, w_1)^2 \frac{dK}{d\delta} \frac{C}{h_m} \varepsilon\, 10^{-8} \qquad (3)$$

unde I_{1k} este curentul de scurtcircuit în bobina 1 nedenivelată exprimat în amperi, lungimile fiind date în cm.

Pentru valoarea medie h_m cuprinsă între h_1 și h_2 s'au propus diferite formule.

Comparând reactanțele de scăpări calculate cu diferitele valori propuse pentru media h_m, cu reactanța de scăpări determinată experimental de colectiv într'o serie de măsurători făcute pe un transformator industrial, am stabilit că în metodele semiempirice trebue recomandat totdeauna a se lua pentru înălțimea medie h_m egală a celor 2 bobine denivelate, media aritmetică a înălțimilor celor 2 bobine reale.

Calculul direct al coeficientului de spor K, este foarte dificil.

In metodele semiempirice, acest coeficient, adică curba de variație a lui K în raport cu δ, se determină experimental printr'un număr oarecare de încercări făcute pe diverși transformatori, pe cât posibil pe transformatori de aceeași ordine de mărime cu cel care se proectează.

Se trage curba $K = f(\delta)$ și din ea se deduce și curba $\frac{dK}{d\delta} = f(\delta)$.

Fiindcă coeficientul de spor K depinde nu numai de δ, dar și de distanța între bobine, se trage curba lui K și dK nu în funcție de δ, ci de $\frac{\delta}{\varepsilon}$, cu $\varepsilon = \frac{e_1 + e_2}{3} + a$.

Această curbă odată determinată servește pentru calcularea forței F după formula (3) pentru diferite valori ale denivelării, pentru ori ce alt transformator care se proectează. Forța F trebue calculată în cazul cel mai desavantajos și anume în primele momente ale scurtcircuitului, în ipoteza că scurtcircuitul se produce în momentul de maxim al curentului.

Insemnând cu I_{kp}, curentul permanent de scurtcircuit (valoare eficace), curentul de scurtcircuit după o jumătate de perioadă, când are valoarea cea mai mare, este :

$$I_k = I_{kp} \sqrt{2}\left(1 + e^{-\frac{\varrho}{L_s} t}\right)$$

unde ϱ și L_s sunt rezistența globală și inductanța globală de scăpări și $t = \frac{\pi}{w}$, sau :

$$I_k = I_{kp} \sqrt{2}\left(1 + e^{-\frac{\varrho \pi}{L_s w}}\right)$$

Valoarea factorului de spor $\left(1 + e^{-\frac{\varrho \pi}{L_s w}}\right)$ atârnă de valoarea raportului $\frac{\varrho}{L_s w} = \frac{\varrho}{X_s}$, sau ceeace este același lucru de constanta de timp $T = \frac{L_s}{\varrho}$ și are valoarea de $1{,}7 \div 1{,}8$.

Incercarea în care se determină curbele $K = f(\delta)$ și $\frac{dK}{d\delta} = f(\delta)$ trebue făcută pe un transformator cu densitate constantă de spire în tot lungul ambelor înfășurări. Dacă densitatea de spire nu este constantă nu se mai aplică formula :

$$K = \frac{L_{1s}}{L_{1s0}} \cdot \frac{h_m}{h_1}.$$

Transformatorul în proiectare pentru care utilizăm curbele astfel trase, ar trebui să aibă și el galeți de aceiași densitate, căci în aceste condiții am stabilit coeficientul de spor K.

Dar nu acesta este cazul, toți transformatorii construindu-se cu galeți de șoc și de reglaj, care au densități diferite de spire.

Atunci după metodele Pistoye și Denis Papin se procedează în felul următor :

Se înlocuește înfășurarea cu densități neegale de spire cu o înfășurare virtuală echivalentă, care ar produce aceiași forță axială ca și înfășurarea reală cu densități neegale de spire.

Pentru aceasta Pistoye reduce pachetul de densitate mai mică la densitatea celuilalt pachet de densitate mai mare.

Denis Papin înlocue bobinele reale de densități inegale de spire cu o bobină unică, de

densitate constantă și având același număr de spire, al cărui centru de greutate geometric s'ar găsi în punctul de aplicație al unor vectori componenți aplicați în centrul de greutate geometric al fiecărui pachet de densități diferite, și având drept valoare numărul de spire al respectivului pachet.

Nici unul din aceste procedee nu se bazează pe o justificare teoretică. Primul este în cele mai multe cazuri direct inaplicabil.

Ori cum s'ar face echivalarea, rezultă bobine denivelate la ambele capete. Curbele ridicate funcție de denivelarea δ presupun că cele 2 bobine, sunt de nivel la una din extremitățile lor. Dar de obiceiu nu așa stau lucrurile.

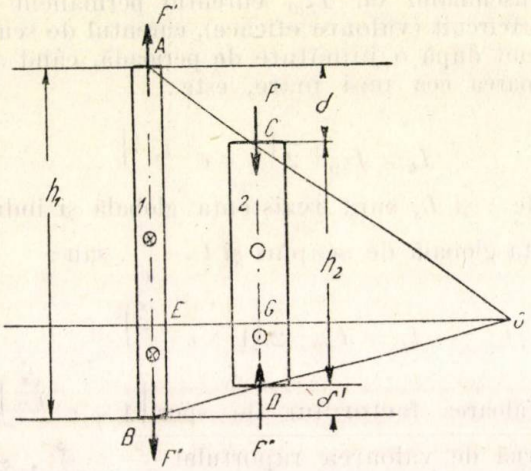


Fig. 4

Se pune atunci întrebarea : cum trebue să calculăm inductanța de scăpări și forța axială în cazul când bobinele sunt denivelate la ambele capete. Această denivelare la ambele capete poate fi de două feluri ca în fig. 4 sau ca în fig. 5.

Autorii celor 2 metode semiempirice sunt de acord că dacă însemnăm cu K și K' coeficienții de spor luați din curba $K = f(\delta)$ pentru cele 2 denivelări δ și δ', în ipoteza că la celălalt capăt bobinele sunt de nivel, coeficientul de spor ar fi un coeficient ponderat, care ar avea ca valoare :

$$K_r = \frac{K\delta + K'\delta'}{\delta + \delta'}$$

în cazul fig. 4 și

$$K_r = \frac{K\delta - K'\delta'}{\delta - \delta'}$$

în cazul fig. 5, fără a demonstra aceste formule.

Dar autorii celor 2 metode nu folosesc direct aceste formule pentru calculul forței F, pentru motivul că curba lui K trasă experimental este funcție numai de o singură variabilă și nu de 2 variabile δ și δ'. Și atunci, ambii autori întrebuințează o cale ocolitoare, reducând cazul bobinelor denivelate la ambele capete la cazul bobinelor denivelate la un singur capăt, procedând în felul următor :

Se descompun fiecare din cele două bobine reale 1 și 2, în câte 2 bobine virtuale ca în fig. 4 și 5. Aceste bobine virtuale fiind de nivel la unul din capete li se aplică curba $\frac{dK}{d\delta}$, care a

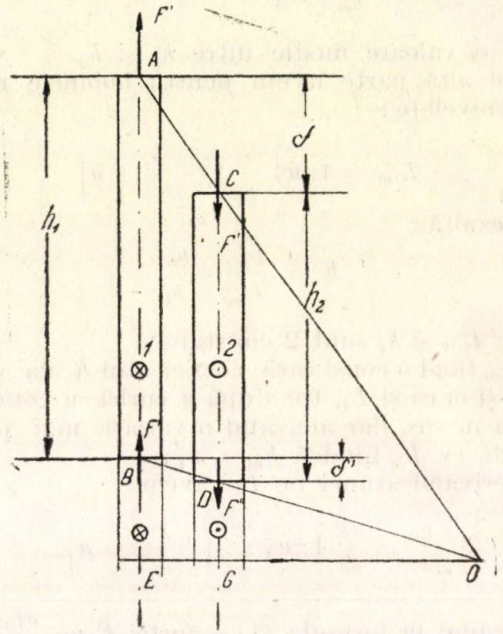


Fig. 5

fost stabilită numai pentru această ipoteză a bobinelor și se calculează forțele F' și F'' (figura 4 și 5) cu formula (3) iar forța F care se exercită între cele 2 bobine reale 1 și 2 este $F = F' - F''$ și de sensul celei mai mari dintre cele 2 forțe F' și F'' și aceasta atât în cazul figurei 4 cât și în cazul figurei 5.

In construirea curbei $\frac{dK}{d\delta}$ trebue a se ține seama de următorul fenomen : de îndată ce s'a produs denivelarea infinit mică, oricât ar fi ea de mică, denivelarea încetează de a fi nulă la extremitatea care era de nivel, așa încât cădem în cazul când am avea denivelare la ambele capete. Se impune atunci să aplicăm pentru calculul derivatei formula coeficientului de spor *ponderat* :

$$K_r = \frac{K\delta - K'\delta'}{\delta - \delta'}.$$

Notând cu dK_{r0} această derivată, avem :

$$dK_{r0} = \frac{(dK \cdot \delta + K \cdot d\delta - dK' \cdot \delta' - K' \cdot d\delta')\,(\delta - \delta') - (K \cdot \delta - K' \cdot \delta')\,(d\delta - d\delta')}{(\delta - \delta')^2}$$

Făcând $\delta' = 0$ și $K' = 1$, avem :

$$dK_{r0} = \frac{(dK \cdot \delta + K \cdot d\delta - d\delta')\,\delta - K \cdot \delta\,(d\delta - d\delta')}{\delta^2}$$

Cum $d\delta = d\delta'$ rezultă $d\delta - d\delta' = 0$ și deci :

$$dK_{r0} = \frac{dK \cdot \delta + K \cdot d\delta - d\delta}{\delta},$$

de unde :

$$\frac{dK_{r0}}{d\delta} = \frac{dK}{d\delta} + \frac{K-1}{\delta}.$$

Sau dacă raportăm la ε avem :

$$\frac{dK_{r0}}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)} = \frac{dK}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)} + \frac{K-1}{\frac{\delta}{\varepsilon}}$$

în care $\frac{dK}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)}$ este luat din curba experimentală ridicată la platformă.

Se introduce în acest fel, factorul de corecție $\frac{K-1}{\frac{\delta}{\varepsilon}}$, așa că trebue trasă curba $\frac{dK_{r0}}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)}$ și nu curba $\frac{dK}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)}$.

Formula forței F devine :

$$F = 2\pi\,(I_{1k}w_1)^2 \frac{C}{h_m} \cdot \frac{dK_{r0}}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)} \cdot 10^{-8} \qquad (4)$$

Pistoye ține seama de această corecție ; Denis Papin nu ține seama și prin aceasta face o greșeală, care dă erori în minus pentru forța F.

b) Metoda în variantă a colectivului Academiei R. P. R.

După cum am văzut, aproximația pe care o introduce înlocuirea bobinei reale cu o bobină echivalentă constitue principala cauză de eroare a metodelor Pistoye și Denis Papin.

Pentru a înlătura această eroare, colectivul care lucrează la problema calculului forțelor axiale la transformatori, a imaginat o variantă a metodei empirice, în care această cauză de eroare este înlăturată. Se renunță la găsirea unei bobine echivalente și se lucrează asupra bobinelor reale, așa cum sunt ele, cu densitățile lor diferite de spire, aplicându-se principiul suprapunerii efectelor.

De obiceiu numai una din înfășurări, cea de înaltă tensiune, este formată din mai multe pachete de densități diferite : pachetul de șoc (2), pachetul principal (4) și pachetul de reglaj (6) (fig. 6).

Fie W_1 numărul de spire al înfășurării I, W_{II} numărul total de spire al înfășurării II și W_2', W_4', W_6' numărul de spire al pachetelor 2, 4 și 6.

Pentru fiecare din bobinele I cu 2, I cu 4 și I cu 6, metoda se aplică fără cauză de eroare, bobinele având toate aceeași densitate de spire pe toată înălțimea lor. Forța totală va fi :

$$F = F_{14} + F_{16} - F_{12}$$

Dar în calcularea forțelor F_{12}, F_{14} și F_{16} nu se mai aplică formula (3) sub forma ei obișnuită, ci trebue afectată de un coeficient de reducere pe care l-am găsit precum urmează :

Trebue să distingem 2 cazuri :

Calculăm forțele F cu curentul din înfășurarea care are densitatea constantă de spire (înfășurarea I-a).

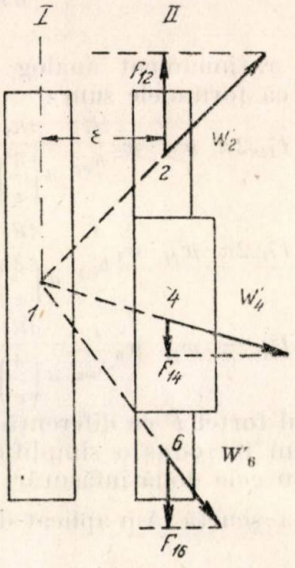


Fig. 6

Formula forței scrisă sub forma (3) este în acest caz :

$$F_{12} = I_{Ik}^2\, 2\pi w_1^2 \frac{C}{h_{m_2}} \frac{dK_r}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)} 10^{-8}$$

unde :

h_{m2} este media aritmetică a înălțimilor celor 2 bobine 1 și 2.

Această formulă presupune implicit că curentul I_{Ik} este curentul de scurt-circuit al întregului transformator pe care l-am calculat cu înfășurările complete, având toate spirele. Deci când introducem în formula lui F_{12} pe I_{IK} înseamnă că secundarul indiferent de înălțimea pe care o are, trebue să poarte în el toate cele w_{II} spire ale secundarului.

Deci formula sub forma (3) aplicată bobinelor 1 și 2 implică a avea în pachetul 2 toate cele w_{II} spire ale întregei înfășurări secundare. Dar înfășurarea primară, păstrând cele w_I spire, înfășurarea secundară are numai w_2' spire, mult mai puține ca w_{II}.

Atunci forța F_{12} se va redcce în raportul $\frac{w_2'}{w_{II}}$ și formula devine :

$$F_{12} = \frac{w_2'}{w_{II}} I_{Ik}^2 2\pi\; w_1^2 \frac{C}{h_{m_2}} \frac{dK_r}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)} 10^{-8} \text{ kg}$$

La fel vom avea :

$$F_{14} = \frac{w_4'}{w_{II}} I_{Ik}^2 2\pi\; w_1^2 \frac{C}{h_{m_4}} \frac{dK_r}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)} 10^{-8} \text{ kg}$$

și :

$$F_{16} = \frac{w'_6}{w_{II}} I^2_{Ik} 2\pi \; w_1^2 \frac{C}{h_{m6}} \frac{dK_r}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)} 10^{-8} \text{ kg}$$

Calculăm forța F cu curentul din înfășurarea care are densități diferite de spire.

Printr'un raționament analog vom găsi în același mod că formulele sunt :

$$F_{12} = I^2_{IIk} 2\pi \; w_{II} \; w'_2 \frac{C}{h_{m2}} \frac{dK_r}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)} 10^{-8} \text{ Kg}$$

$$F_{14} = I^2_{IIk} 2\pi \; w_{II} \; w'_4 \frac{C}{h_{m4}} \frac{dK_r}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)} 10^{-8} \text{ Kg}$$

$$F_{16} = I^2_{IIk} 2\pi \; w_{II} \; w'_6 \frac{C}{h_{m6}} \frac{dK_r}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)} 10^{-8} \text{ Kg}$$

In calculul forței F ca diferență a două forțe F' și F'', am introdus o simplificare, evitând trecerea prin cele două înfășurări virtuale, una lungă și alta scurtă. Am aplicat derivata $\frac{dK_r}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)}$ la formula generală a lui K_r pentru denivelare la ambele capete, însemnând cu K_r valoarea ponderată a ceeficientului K.

$$K_r = \frac{K \cdot \delta + K' \delta'}{\delta + \delta'}$$

în cazul fig. 4 și :

$$K_r = \frac{K \cdot \delta - K' \delta'}{\delta - \delta'}$$

în cazul figurei 5.

Formula 3 devine în acest caz :

$$F = 2\pi (I_k w)^2 \varepsilon \frac{C}{h_m} 10^{-8} \frac{dK_r}{d\delta} \text{ kg} \qquad (5)$$

unde $\frac{dK_r}{d(\delta)}$ în cazul fig. 4 se calculează precum urmează :

$$dK_r = \frac{(dK \cdot \delta + K \cdot d\delta + dK' \cdot \delta' + K' \cdot d\delta')(\delta + \delta') - (d\delta + d\delta')(K \cdot \delta + K' \cdot \delta')}{(\delta + \delta')^2}$$

unde δ și δ' sunt pozitive, δ îndreptat de sus în jos, iar δ' de jos în sus.

Dar $d\delta$ și $d\delta'$ au aceeași valoare absolută și sunt de semn contrar ; $d\delta = -d\delta'$, sau $\frac{d\delta}{d\delta'} = -1$ și atunci formula de mai sus devine :

$$\frac{dK_r}{d\delta} = \frac{\frac{dK}{d\delta} \cdot \delta + K - \frac{dK'}{d\delta'} \cdot \delta' - K' - 1 + 1}{\delta + \delta'}$$

sau :

$$\frac{dK_r}{d\delta} = \frac{\delta}{\delta + \delta'} \left(\frac{dK}{d\delta} + \frac{K - 1}{\delta} \right) - \frac{\delta'}{\delta + \delta'} \left(\frac{dK'}{d\delta'} + \frac{K' - 1}{\delta'} \right)$$

In cazul denivelării la un singur capăt avem $K' = 1$ și $\delta' = 0$ și formula devine :

$$\frac{dK_{r0}}{d\delta} = \frac{dK}{d\delta} + \frac{K - 1}{\delta}, \text{ formulă deja găsită.}$$

Iar în cazul figurii 5 avem :

$$dK_r = \frac{(dK \cdot \delta + K \cdot d\delta - dK' \cdot \delta' - K' \cdot d\delta')(\delta - \delta') - (d\delta - d\delta')(K\delta - K'\delta')}{(\delta - \delta')^2}$$

Dar în acest caz δ fiind de același sens cu δ', azem $d\delta = + d\delta'$ sau $\frac{d\delta}{d\delta'} = +1$ și atunci :

$$\frac{dK_r}{d\delta} = \frac{\frac{dK}{d\delta} \cdot \delta + K - \frac{dK'}{d\delta'} \cdot \delta' - K' - 1 + 1}{\delta - \delta'}$$

sau :

$$\frac{dK_r}{d\delta} = \frac{\delta}{\delta - \delta'} \left(\frac{dK}{d\delta} + \frac{K - 1}{\delta} \right) - \frac{\delta'}{\delta - \delta'} \left(\frac{dK'}{d\delta'} + \frac{K' - 1}{\delta'} \right)$$

Introducând valorile găsite mai sus pentru $\frac{dK}{d\delta}$ în formula (5) a forței F și derivând în raport cu $\frac{\delta}{\varepsilon}$, în loc de δ, vom avea :

In cazul fig. 4 :

$$F = 2\pi (I_k w)^2 \frac{C}{h_m} \left[\frac{\delta}{\delta + \delta'} \left(\frac{dK}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)} + \frac{K - 1}{\frac{\delta}{\varepsilon}} \right) - \right.$$

$$\left. - \frac{\delta'}{\delta + \delta'} \left(\frac{dK'}{d\left(\frac{\delta'}{\varepsilon}\right)} + \frac{K' - 1}{\frac{\delta'}{\varepsilon}} \right) \right] 10^{-8}$$

sau :

$$F = 2\pi (I_k w)^2 \frac{C}{h_m} \left[\frac{\delta}{\delta + \delta'} \frac{dK_{r0}}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)} - \right.$$

$$\left. - \frac{\delta'}{\delta + \delta'} \frac{dK'_{r0}}{d\frac{\delta'}{\varepsilon}} \right] 10^{-8}$$

In cazul figurei 7 avem :

$$F = 2\pi (I_k w)^2 \frac{C}{h_m} \left[\frac{\delta}{\delta - \delta'} \left(\frac{dK}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)} + \frac{K - 1}{\frac{\delta}{\varepsilon}} \right) - \right.$$

$$\left. - \frac{\delta'}{\delta - \delta'} \left(\frac{dK'}{d\left(\frac{\delta'}{\varepsilon}\right)} + \frac{K' - 1}{\frac{\delta'}{\varepsilon}} \right) \right] 10^{-8}$$

sau :

$$F = 2\pi (I_k w)^2 \frac{C}{h_m} \left[\frac{\delta}{\delta - \delta'} \cdot \frac{dK_{r0}}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)} - \right.$$

$$\left. - \frac{\delta'}{\delta - \delta'} \frac{dK'_{r0}}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)} \right] 10^{-8}$$

unde derivatele $\frac{dK_{ro}}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)}$ și $\frac{dK'_{ro}}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)}$ le luăm pe curbele respective pentru deplasările δ și δ' totdeauna pozitive.

2- METODELE TEORETICE

a) Aceste metode se bazează pe anumite ipoteze simplificatoare.

Să considerăm două bobine denivelate la un singur capăt (fig. 7).

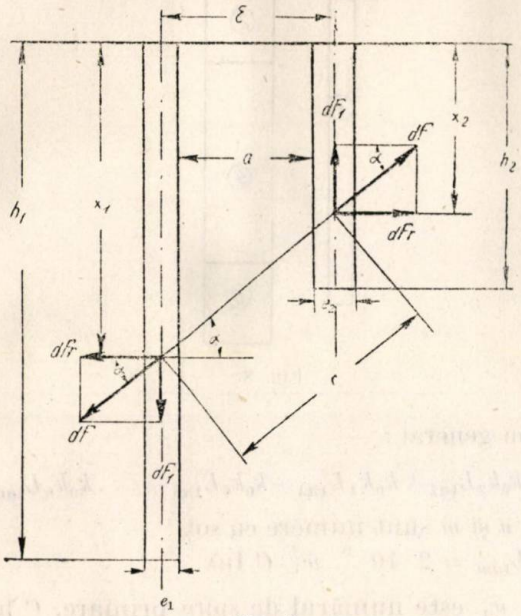


Fig. 7

Toate aceste metode, afară de aceea a profesorului Petrov, neglijează prezența fierului.

Apoi cele două bobine se înlocuesc cu 2 șine plane, infinite, paralele, având grosimea e_1 și e_2 a bobinelor, la distanța a între bobine, din care se ia în considerare 2 lungimi egale cu lungimea medie C a unei spire.

In toate aceste metode se pleacă dela acțiunea curenților asupra curenților.

Să considerăm în ambele șine câte 2 elemente de înălțime infinit mică dx_1 și dx_2, la distanța x_1 și x_2 dela capătul de sus al șinelor.

Pe înălțimea inifnit mică dx_1 avem (fig. 7):

$$\frac{I_1 w_1}{h_1} dx_1 \text{ amperspire.}$$

Pe înălțimea inifnit mică dx_2 avem:

$$\frac{I_2 w_2}{h_2} dx_2 \text{ amperspire.}$$

Avem $w_1 I_1 \approx w_2 I_2 \approx wI$.

Cele două elemente de lățime e_1 și e_2 de lungime C și de înălțime infinit mică dx_1 și dx_2 echivalează cu 2 conductori parcurși unul de curentul: $\frac{I_1 w_1}{h_1} dx_1$

celălalt la curentul:

$$\frac{I_2 w_2}{h_2} dx_2,$$

curenții fiind de sens contrar. Cei doi conductori se vor respinge, și dacă însemnăm cu r distanța între ei, forța de respingere știm că este:

$$dF = 2 \frac{(Iw)^2}{h_1 h_2} dx_1 \cdot dx_2 \cdot \frac{C}{r}.$$

Iar componenta axială este:

$$dF_1 = dF \sin \alpha = dF \frac{x_1 - x_2}{r}$$

Dar:

$$r = \sqrt{\varepsilon^2 + (x_1 - x_2)^2}$$

Deci:

$$dF_1 = 2 \frac{(Iw)^2}{h_1 h_2} \cdot C \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\varepsilon^2 + (x_1 - x_2)^2}} \cdot dx_1 \cdot dx_2$$

Iar forța F_1 care acționează întregile șine, adică întregile bobine, va fi integrala dublă pentru ambele suprafețe de la 0 la h_1, respectiv dela 0 la h_2, adică:

$$F_1 = 2 \frac{(Iw)^2}{h_1 h_2} C \int_0^{h_1} \int_0^{h_2} \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\varepsilon^2 + (x_1 - x_2)^2}} dx_1 \cdot dx_2$$

Integrând această integrală se ajunge la o expresie de forma:

$$F_1 = k \frac{\delta}{h_1} F_r,$$

unde:

$$\delta = x_1 - x_2,$$

iar k are o expresie lungă și complicată, care se dă sub diverse forme, în care intră logaritmi și arctangentă, uneori sub forme aproximative simplificate. Așa Richter ajunge la formula:

$$F_1 = 0{,}37 \left(1 - \frac{h_1}{h_2}\right) \log \left[\left(1 - \frac{h_1}{h_2}\right)^2 + \left(\frac{\varepsilon}{h_1}\right)^2\right] F_r.$$

Alții ca Bolte și Bulgacov dau pe k sub forma unei abace cu două intrări, în abscise funcție de $\frac{\delta}{h_1}$ cu diferite curbe pentru diferite valori ale raportului, $\frac{h_1}{\varepsilon}$.

Dintre aceste metode cea care ne-a dat rezultatele cele mai exacte a fost metoda prof. N. I. Bulgacov. Inlocuind pe F_r prin valoarea sa, el ajunge la formula finală:

$$F_1 = 12{,}8 \frac{(Iw)^2}{h_1} k_a \frac{\delta}{h_1} \pi C 10^{-8}$$

în ipoteza că pentru I se ia valoarea maximă. Dacă se ia valoarea eficace cum o luăm noi, coeficientul 12,8 devine 6,4 iar k_a este dat pe o abacă pentru 5 valori ale raportului $\frac{h_1}{\varepsilon}$ și anume 5, 10, 20, 50 și ∞. (Curbele pag. 277. din lucrarea „Transformatorii" de Bulgacov).

Dar curbele sunt date numai pentru denivelări până la 20%.

Toate aceste metode teoretice sunt valabile numai pentru înfășurări care au aceeași densitate pe toată înălțimea lor. Dacă nu acesta

este cazul, trebuesc înlocuite cu bobine echivalente de aceeași densitate după metoda Denis Papin.

Cauza principală de eroare a acestor metode este că nu țin seama de prezența ferului. Prezența ferului intervine în proporții mari, introducând două noi forțe între fer și cei doi conductori, care pot schimba fundamental valoarea forței F_1, dând erori care pot merge până la 100 și chiar 200%.

Trebue să mai observăm că dacă echivalarea ne conduce la situația din cazul fig. 7, metodele teoretice așa cum sunt arătate mai sus, afară de metoda profesorului Petrov, nu se mai aplică.

3. METODA PROFESORULUI G. N. PETROV, EXTINSĂ LA CALCULUL FORȚEI AXIALE.

(Electricestvo, Nr. 3/1948, pag. 30—45)

Metoda prof. G. N. Petrov nu este o metodă pentru determinarea forțelor axiale, ci numai pentru determinarea inductanțelor sau reactanțelor globale de scăpări. Ea este o metodă care determină inductanța de scăpări, în cazul cel mai general, ori care ar fi compoziția și situația relativă una față de alta a celor 2 bobine. Printr'o completare, noi am extins această metodă și la determinarea forțelor axiale, așa cum vom arăta mai jos.

Metoda se aplică deci și în cazul când ambele bobine ar avea pachete cu densități diferite de spire, fără a face trecerea la o bobină echivalentă de densitate constantă. Cum însă acest caz nu se întâlnește în practică, ne vom mărgini numai la cazul obișnuit când numai una din bobine are densități diferite și vom nota cu 1 bobina de densitate constantă și cu 2, 4, 6, etc. (numere cu soț) pachetele de densități diferite ale celeilalte bobine. Inductanțele globale de scăpări și curenții îi vom raporta la bobina 1 de densitate constantă.

Pornind dela expresia forței care acționează două elemente de circuit electric paralele de lungime dl_1 și dl_2 la distanța r parcurse de curenții I_1 și I_2 și făcând un unghiu α cu direcția celor 2 curenți, expresia forței este:

$$F = I_1 I_2 \int \frac{dl_1 dl_2}{r^2} \cdot \cos\alpha$$

și introducând noțiunea de distanță medie geometrică definită ca:

$$\ln g_{mn} = \frac{1}{S_m S_n} \int_{S_m} \int_{S_n} \ln r_{mn} \cdot dS_n \cdot dS_m$$

unde S_m și S_n sunt două elemente de secțiune infinit mică și r_{mn} distanța între cele 2 elemente.

Fie bobina 2 aceea care are pachetele 2,4,6 etc. (numere cu soț) de densități diferite (fig. 8).

In acest caz, reactanța globală de scăpări, raportată la bobina 1 se calculează cu formula:

$$L_s = k_0 (k_2 L_2 + k_4 L_4 + k_6 L_6 + \ldots + k_n L_n)$$

unde:

$$k_0 = \frac{w_1}{w_2 + w_4 + w_6 + \ldots}, \quad k_2 = \frac{w_2}{w_2}, \quad k_4 = \frac{w_4}{w_1}$$

$$k_6 = \frac{w_6}{w_1}, \quad \ldots\ldots k_n = \frac{w_n}{w_1},$$

și:

$$L_2 = k_0 k_2 L_{122} + k_0 k_4 L_{124} + k_0 k_6 L_{126} + \ldots\ldots$$
$$L_4 = k_0 k_2 L_{142} + k_0 k_4 L_{144} + k_0 k_6 L_{146} + \ldots\ldots$$
$$L_6 = k_0 k_2 L_{162} + k_0 k_4 L_{164} + k_0 k_6 L_{166} + \ldots\ldots$$

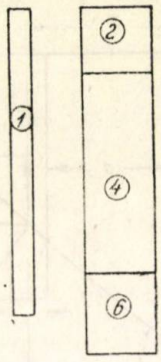


Fig. 8

sau în general:

$$L_n = k_0 k_2 L_{1n2} + k_0 k_4 L_{1n4} + k_0 k_6 L_{1n6} + \ldots k_0 k_n L_{1nm} +$$

unde n și m sunt numere cu soț.

Iar $L_{1nm} = 2\ 10^{-9}\ w_1^2\ C\ \ln\lambda$

unde w_1 este numărul de spire primare, C lungimea medie a uneia din spire, iar:

$$\lambda = k_a\ k_c$$

k_a are ca expresie:

$$k_a = \frac{g_{1n} g_{1m}}{g_1 g_{nm}}$$

unde g_{1n} este distanța medie geometrică între bobina 1 și bobina n,

g_{1m} este distanța medie geometrică între bobina 1 și bobina m,

g_1 este distanța medie geometrică a bobinei 1, iar g_{nm} este distanța medie geometrică, între bobinele n și m.

De pildă dacă $n = 2$ și $m = 4$ avem:

$$k_a = \frac{g_{12}\, g_{14}}{g_1\ g_{24}};$$

dacă $m = 2$ și $n = 2$ avem:

$$k_a = \frac{g_{12}^2}{g_1\, g_{22}},$$

unde $g_{22} = g_2$, adică distanța medie geometrică a bobinei 2. Iar:

$$k_c = \frac{g_{1N}\ \ g_{1M}}{g_{1A}\ \ g_{nM}},$$

unde g_{1N} este distanța medie geometrică între bobina 1 și imagina N în oglindă a bobinei n, g_{1M} este distanța medie geometrică între bobina

1 și imagina M în oglindă a bobinei m, iar g_{1A} este distanța medie geometrică între bobina 1 și imagina A în oglindă a bobinei 1, iar g_{nM} este distanța medie geometrică între bobina n și imagina M în oglindă a bobinei m.

De pildă dacă $n = 2$, $m = 4$, $N = II$, imaginea lui 2 și $M = IV$ imaginea lui 4, $A = I$ imaginea lui 1, avem :

$$k_c = \frac{g_{1II}\, g_{1V}}{g_{1I}\, g_{II\,IV}}$$

Pentru fiecare g_{1n} sau g_{1m} sau g_{nm} se calculează respectivul :

$$g_{nm} = \frac{g_a^{\alpha}\, g_b^{\beta}}{g_c^{\gamma}\, g_d^{\delta}},$$

unde $\alpha = \frac{h_a^2}{2h_1 h_2}$; $\beta = \frac{h_\beta^2}{2h_1 h_2}$; $\gamma = \frac{h_\gamma^2}{2h_1 h_2}$; $= \frac{h_\delta^2}{2h_1 h_2}$

h_a fiind distanța între capul de sus al bobinei n și capul de jos al bobinei m, h_β fiind distanța între capul de sus al bobinei m și capul de jos al bobinei n, h_γ fiind distanța între capetele de sus ale celor 2 bobine iar h_δ fiind distanța între capetele de jos ale celor 2 bobine. (fig. 9 și 10).

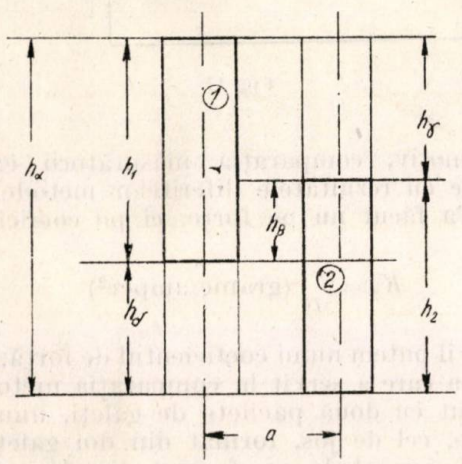


Fig. 9

Apoi avem $g_a = h_a \xi$, unde ξ este un coeficient numeric care s'a calculat și este dat într'o curbă funcție de $\frac{a}{h_a}$ unde a este distanța medie între axele celor 2 bobine. Când $\frac{a}{h_a}$ iese din limitele diagramei, se dă ξ într'o altă curbă funcție de $\frac{h_a}{a}$, dar atunci se ia $g_a = a\xi$.

Cât despre distanțele medii geometrice proprii ale fiecărei bobine, Petrov găsește că se pot calcula cu formula :

$$g_1 = k\,(h + b)$$

unde h și b sunt dimensiile bobinei rectangulare, iar k un coeficient dat de niște curbe.

Deasemeni pentru fiecare g_{1N}, g_{1M}, g_{1A} și g_{nM} se aplică aceeași formulă

$$\frac{g_a^{\alpha}\, g_b^{\beta}}{g_c^{\gamma}\, g_d^{\delta}}$$

în care iarăși h_a, h_β, h_γ, h_δ (și respectiv g_a, g_b, g_c și g_d) sunt acele lungimi care rezultă din figura pe care o formează bobinele 1, n și m cu imaginile lor în oglindă, iar lungimile a, reprezintă distanțele între axele bobinelor pentru care se calculează distanțele medii geometrice.

Calculul este lung, dar se simplifică pe drum, observând că $L_{1nm} = L_{1mn}$ și că distanțele h_a, h_β, h_γ și h_δ, ca și rapoartele α, β, γ și δ se repetă foarte adesea dela o figură la alta în special dela o figură la figura care reprezintă imagina în oglindă.

Calculând în felul acesta pe rând pe L_{122}, L_{124}, L_{126}, etc. apoi pe L_{142}, L_{144}, L_{146} etc. apoi pe L_{162}, L_{164}, L_{166} etc. și așa mai departe, formăm apoi :

$$L_2 = k_0 k_2 L_{122} + k_0 k_4 L_{124} + k_0 k_6 K_{126} + \ldots,$$
$$L_6 = k_0 k_2 L_{142} + k_0 k_4 L_{144} + k_0 k_6 L_{146} + \ldots,$$
$$L_6 = k_0 k_2 L_{162} + k_0 k_4 L_{164} + k_0 k_6 L_{166} + \ldots$$

și așa mai departe.

Apoi cu aceste L_2, L_4, L_6 etc. calculăm inductanța căutată L_s care va fi :

$$L_s = k_0\,(k_2 L_2 + k_4 L_4 + k_6 L_6 + \ldots\ldots)$$

Calculul se poate face cu inductanțele dar și cu reactanțele :

$$X_s = L_s\, \omega = L 2\pi f = 314\ L_s \text{ în ohmi.}$$

Metoda profesorului Petrov nu este o metodă pentru determinarea forței axiale, ci numai o

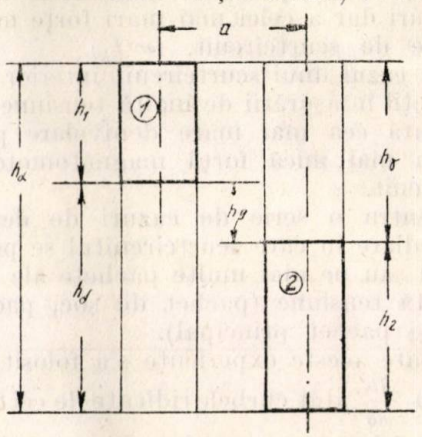


Fig. 10

metodă pentru determinarea directă a inductanței globale de scăpări, ori cât de complicată ar fi situația bobinelor.

Colectivul Academiei a extins metoda Petrov la calculul forței axiale, procedând în modul următor :

Aplicăm formula clasică :

$$F = \frac{1}{2} I_k^2 \frac{dL_s}{dx}$$

unde L_s este inductanța de scăpări calculată pentru cazul în chestiune, corespunzând unei anumite denivelări a bobinelor una față de alta. Facem să apară variația lui L_s, dând înfășurării cu densități inegale (înfășurarea 2) o deplasare în sus cu + 2 cm, apoi cu +4 cm și pe urmă o deplasare în jos cu aceleași cantități, deci cu −2 cm și −4 cm.

Pentru fiecare din aceste 4 poziții calculăm cu metoda prof. Petrov, inductanța sau reactanța de scăpări. Trasăm curba $L_s = f(x)$ sau $X_s = f(x)$, x fiind deplasarea.

Se găsește o curbă care se apropie foarte mult de o parabolă. Se deduce grafic derivata, ducând tangentele la curbă în punctele obținute și se găsește astfel tangenta în punctul mijlociu $x=0$, care ne dă derivata căutată, pe care introducând'o în formula lui F obținem pe F

STUDIUL COMPARATIV AL DIFERITELOR METODE PENTRU DETERMINAREA FORȚELOR AXIALE LA TRANSFORMATORI

CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

Pentru a face o comparație a diferitelor metode pentru determinarea forțelor axiale la transformatori, colectivul Academiei a făcut un mare număr de experiențe pe 2 transformatori industriali determinând direct prin măsurătoare experimentală reactanțele de scăpări, calculând forțele axiale cu ajutorul acestor reactanțe determinate experimental, și comparând apoi cifrele obținute cu acele rezultând din aplicarea diferitelor metode expuse mai sus.

Această comparație s'a făcut pentru toate denivelările posibile și anume:

1. In cazul unui scurtcircuit exterior la bornele transformatorului cu toți galeții în circuit, ceeace reprezintă cazul celei mai mici denivelări dar a celei mai mari forțe magnetomotoare de scurtcircuit. ($w\, I_k$).

2. In cazul unui scurtcircuit interior la unul din galeții înfășurării de înaltă tensiune, ceeace reprezintă cea mai mare denivelare posibilă, dar cea mai mică forță magnetomotoare de scurtcircuit.

3. Pentru o serie de cazuri de denivelări intermediare în care scurtcircuitul se producea pe unul sau pe mai multe pachete ale bobinei de înaltă tensiune (pachet de șoc, pachet de reglaj și pachet principal).

In toate aceste experiențe s'a folosit pentru derivata $\frac{dK_f}{d\delta}$ atât curbele ridicate de cei 2 autori ai metodelor semiempirice Pistoye și Denis Papin cât și curba proprie a colectivului ridicată pe unul din transformatorii pe care se făcea încercarea.

Pentru a avea o apreciere concludentă asupra rezultatului mai exact pe care îl dă metoda în variantă a Colectivului față de celelalte metode semiempirice s'a măsurat experimental forța axială printr'un dispozitiv de cântărire arătat în alăturata schemă (fig. 11).

S'a comparat această forță determinată experimental, cu forța calculată după metoda în variantă a Colectivului, și cu forța calculată după echivalarea Denis Papin (echivalarea Pistoye era inaplicabilă în cazul de față).

Forța axială care acționa galetul sau pachetul de galeți de înaltă tensiune lucrând în sens invers greutății galeților, era determinată prin greutățile puse pe platoul B, după ce în prealabil se lua tara galetului sau pachetului de galeți prin greutățile puse pe platoul A.

In felul acesta greutățile puse pe platoul B, măsurau direct forța axială. Forța fiind riguros proporțională cu pătratul curentului, lucru verificat și experimental în cursul experienței, era indiferent cu ce curenți se lucra. Pentru

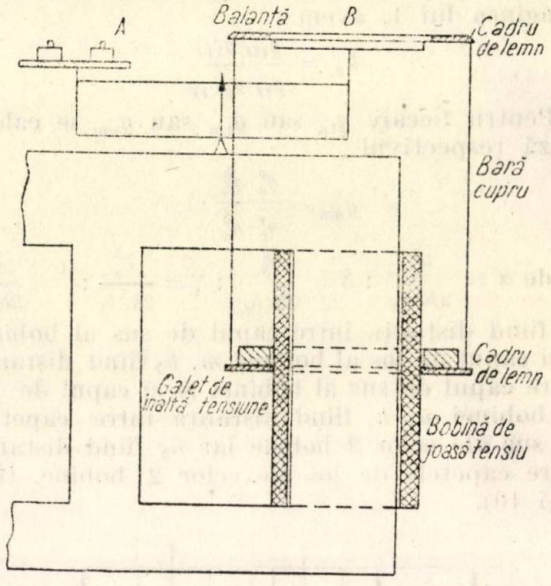


Fig. 11

acest motiv, comparația măsurătorii experimentale cu rezultatele diferitelor metode aplicate, s'a făcut nu pe forțe, ci pe coeficientul

$$K_f = \frac{F}{I^2} \text{ (grame/amper}^2\text{)}$$

pe care îl putem numi coeficientul de forță.

Proba care a servit la comparația metodelor s'a făcut cu două pachete de galeți, unul din pachete, cel de jos, format din doi galeți suprapuși, iar cel de sus format dintr'un singur galet, pachetele fiind distanțate cu 10,5 cm. Măsurătorile au fost făcute pentru patru cazuri de denivelare.

Comparația s'a făcut folosind curba experimentală $\frac{dK_{ro}}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)} = f\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)$ ridicată de colectiv pe un anumit transformator.

In tabela 1 se compară ridicările experimentale, cu cifrele obținute prin aplicarea metodelor mai sus menționate.

Tabela 1

Nr.	δ cm	U V	I A	F g	K_f g/A²	Metoda colectivului K_f g/A²	Metoda colectivului Eroare	Echivalarea Denis Papin K_f g/A²	Echivalarea Denis Papin Eroare %
1	27,3	198,0	8,93	1 500	18,80	18,70	— 0,53	15,90	—14,90
2	30,3	203,6	7,60	1 600	27,70	26,77	— 3,36	22,75	—17,85
3	33,3	200,6	6,25	1 400	35,80	34,90	— 2,78	29,60	—17,55
4	33,3	281,0	8,82	2 800	36,00				

Din comparația cifrelor calculate cu cele măsurate experimental rezultă o nouă confirmare a exactității metodei în variantă a Colectivului, care prezintă erori de numai —0,53% până la —3,36% și față de forțele măsurate experimental, pe când metoda de echivalare Denis Papin prezintă erori de —14,90% până la —17,85%.

Din aceste încercări experimentale s'au putut trage următoarele concluzii:

1. Metodele teoretice ca aceea a lui Richter și cele similare, dau erori mari în minus cu excepția metodei Bu'gacov care dă valori apropiate de cele obținute experimental, dar numai pentru denivelări până la 20% și numai când cele 2 bobinaje nu sunt denivelate în același sens la cele 2 capete.

2. Metodele de echivalare a bobinelor cu densități neegale de spire aplicate de Pistoye și Denis Papin ridică mult din valoarea acestor 2 metode, dând erori până la 25%.

3. Metoda în variantă a Colectivului eliminând cauza de eroare de mai sus, dă rezultatele cele mai exa te.

In această metodă se recomandă a se lua pentru calculul coeficientului K de spor media aritmetică și nu media armonică, care pentru denivelări mari dă erori în plus inadmisibile atât pentru reactanțe cât și pentru forțe.

4. Calculul se face pentru scurtcircuit exterior la bornele transformatorului și în ipoteza desprinderii dela mijloc a bobinelor. Acest lucru se face deobiceiu pentru priza de reglaj, care dă cel mai mare efect. Valoarea curentului introdusă în formulă este dată de expresia:

$$I_k = I_{kp}\left(1 - e^{-\frac{\varrho\pi}{X_s}}\right),$$

I_{kp} fiind valoarea eficace de scurtcircuit permanent, iar ϱ și X_s fiind rezistența și reactanța globală de scăpări a transformatorului.

5. Se recomandă ca fabricile de transformatori să ridice direct la platforma de încercări odată pentru totdeauna curbele $K = f\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)$ și $\frac{dK_{r_0}}{d\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)} = f\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)$ pentru mai mulți transformatori de putere și tensiuni diferite, de tipurile pe care le construește fabrica, fixând pentru fiecare curbă intervalul de aplicare al ei.

Bibliografie

1. *G. N. Petrov*: Teoria calculului inductanței de scăpări la transformatori.
Electricestvo 1948 Nr. 3. Traduce I.R.S
2. *G. N. Petrov*: Allgemeine Methode zur Berechnung der Streuung von Transformatoren. Electrizitat und Maschinenbau 1933, pag. 345.
3. *G. N. Petrov*: Entwicklung der allgemeinen Methode zur Berechnung der Streuung von Transformatoren. Elektrizitat und Maschinenbau 1934, pag. 396.
4. *N. Bulgacov*: Calculul transformatorilor. Gosenergoizdat-Moscova-Leningrad 1950.
5. *H. de Pistoye*: A propos de l'inductance de fuites et des efforts axiaux en court-circuit des transformateurs à hauteurs de bobinage: inégales. Revue Générale de l'Electricité — 19 și 26 Decembrie 1925.
6. *Denis Papin*: Etudes sur le fonctionnement des transformateurs en court-circuit. Revue Générale de l'Electricité. 16 Mai 1925.
7. *M. Denis Papin*: La dispersion dissymetrique et ses conséquences dans les transformateurs à bobinages concentriques. Revue Générale de l'Electricité. Ianuarie 1941.
8. *T. Biermanns*: Kurzschlusskrafte an Transformatoren. Schweizerischer Bulletin, 1923, Nr. 4 și 5.
9. *R. Richter*: Die Transformatoren. Bd. III pag. 89.

★

ВОПРОС ОСЕВЫХ УСИЛИЙ В СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ

Резюме

В настоящей статье критически рассматриваются различные методы определения осевых усилий действующих на обмотки трансформатора в случае короткого замыкания и предлагается новый метод определения этих усилий.

Новый метод представляет собой вариант полуэмпирических методов, основанных на экспериментальном определении изменения общей индуктивности рассеяния при взаимном смещении катушек высокого и низкого напряжения. По этому новому методу применяется принцип наложения эффектов и устанавливаются новые формулы для составляющих сил, алгебраическая сумма которых дает общую равнодействующую силу.

CERCETĂRI IN DOMENIUL MAŞINILOR ELECTRICE CU INDUCTANŢA VARIABILĂ

Prof. Dr. Ing. M. MARINESCU
Membru corespondent al Academiei R. P. R.

Se face o expunere a rezultatelor teoretice şi a unor aplicaţii practice, obţinute în cadrul cercetărilor ce se fac în Institutul de Energetică al Academiei R.P.R. în problema desvoltării teoriei şi aplicaţiilor maşinilor cu inductanţă variabilă. Se arată concepţia savanţilor sovietici L. Mandelstam şi N. Papalexi şi a şcoalei lor în legătură cu desvoltarea maşinilor electrice şi cum lucrările de faţă contribue la extinderea acestor concepţii şi în alte domenii de aplicaţii.

Desvoltarea de noi tipuri de maşini electrice pentru utilizările tot mai variate în diferite ramuri ale industriei şi în diversele exploatări, ca urmare a desvoltării în ritm viu a industriei naţionale, constitue unul din obiectivele cercetărilor în cadrul Institutului de Energetică al Academiei R.P.R.

Una din căile care s'au ales în acest scop şi care s'a socotit a fi fecundă în rezultate, deschizând totodată orizonturi noi aplicării maşinilor electrice (astfel după cum se va vedea mai departe) este aceea descrisă de savanţii sovietici L. Mendelstam şi N. Papalexi şi care i-a condus la realizarea unor generatori electrici de tip nou şi funcţionând pe baza variaţiei inductanţei. Aceşti generatori se autoexcită în virtutea efectului de rezonanţă „parametrică" descris şi cercetat de aceşti savanţi. Ei sunt caracterizaţi prin lipsa înfăşurărilor pe rotor şi a oricărui contact între părţi fixe şi mobile.

In alt număr al revistei, [1] am arătat în ce constă această „rezonanţă".

Ideea savanţilor sovietici şi a şcoalei lor este aceea că desvoltarea cunoscută a generatorilor electrici, pe calea excitaţiei în curent continuu, se datoreşte faptului că principiul excitaţiei în curent continuu a fost acela care s'a prezentat întâi cercetătorilor, pionierilor electrotehnicei clasice.

Dacă s'ar fi cunoscut întâi „rezonanţa parametrică", desvoltarea maşinilor electrice ar fi fost cu totul alta.

Colectivul, care în Institutul de Energetică se ocupă de aceste probleme, a desvoltat ideile şi concepţiile savanţilor sovietici şi a şcoalei lor, extinzându-le şi în cazul motoarelor electrice cu inductanţă variabilă. S'au găsit astfel noi proprietăţi ale acestor maşini. S'a desvoltat o teorie generală a fenomenelor în circuite cu inductanţă variabilă. In cele ce urmează, ne vom mărgini a da unele rezultate privind teoria acestor fenomene, precum şi a indica unele aplicaţii.

Proprietăţi ale spectrului de curenţi în circuite serie cu inductanţă variabilă.

Circuitul de bază care corespunde unui motor cu inductanţă variabilă este acela din fig. 1, în care $L = L_0 + \lambda \sin \Omega t$; prin variaţia inductanţei, se produce un schimb de energie : între energia electrică dată sau absorbită de sursa electrică şi între travaliul mecanic cules sau introdus în sistem. Condiţiile în care se produce acest schimb se vor arăta mai departe. Intr'un asemenea circuit, se produce un spectru infinit de curenţi ca acela din fig. 2.

In fig. 2, ω reprezintă pulsaţia centrală egală cu pulsaţia f. e. m. aplicată — pulsaţiile celorlalţi curenţi fiind : $\omega_i = \omega \pm k\ \Omega$, ($k$ fiind întreg şi cuprins între 0 şi ∞). Acest spectru de curenţi, în care se descompune curentul total care ia naştere în circuit, are loc atunci când avem satisfăcută relaţia :

$$K_1\ \omega = K_2\ \Omega \qquad (1)$$

K_1 şi K_2 fiind două numere întregi oarecare.

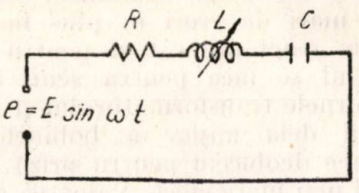


Fig. 1

In cazul când o asemenea relaţie între pulsaţii nu există, regimul nu mai este periodic.

Deasemeni, cazul când :

$$\frac{2\omega}{n} = \Omega,\ (n = 1, 2 \ldots\ldots)$$

corespunde regimurilor sincrone (pare şi impare).

Cazul general (1) corespunde regimurilor asincrone (cu viteza variabilă). Soluţia problemei se exprimă printr'un sistem infinit de ecuaţii care conduce la expresii complexe pentru curenţi. Se defineşte drept amplitudine şi fază a curenţilor din spectru, respectiv modulul şi argumentul mărimilor complexe care reprezintă aceşti curenţi. Amplitudinile şi fazele curenţilor din spectru sunt perfect determinate în cazul regimurilor periodice în funcţie de parametrii R, L, C şi $E - \omega$ şi Ω.

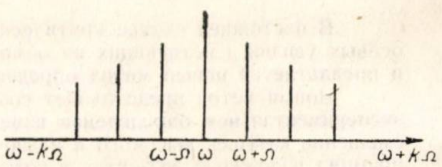


Fig. 2

Spectrul acesta de curenţi se împarte în trei regiuni după faza raportului a doi curenţi consecutivi din spectru, adică după argumentul raportului mărimilor complexe care reprezintă

curenții consecutivi considerați. Astfel, în regiunea „spectrului superior pozitiv", care cuprinde pulsațiile $(\omega + k\,\Omega)$, unde $k = 1, 2 \ldots\ldots$, faza raportului a doi curenți consecutivi având la numitor curentul de rang k, iar la numărător curentul de rang consecutiv în sensul depărtării de curentul de rang zero, se găsește întotdeauna în cadranele trigonometrice *III* și *IV*.

In regiunea spectrului inferior negativ, care cuprinde pulsațiile negative $(\omega - k\ \Omega)$ unde $k > \frac{\omega}{\Omega}$. Faza raportului a doi curenți consecutivi, definit mai sus, este întotdeauna cuprinsă în cadranele trigonometrice *I* și *II*.

In fine, în spectrul „inferior pozitiv", care cuprinde pulsațiile $\omega - k\Omega$, unde $k < \frac{\omega}{\Omega}$, distingem două regiuni: una „normală" în care raportul curenților consecutivi din spectru se găsește în cadranele trigonometrice *III* și *IV* și una de „anomalie", în care acest raport se găsește în cadranele *I* și *II*. Intinderea relativă (pe frecvențe) a celor două regiuni depinde de mărimea parametrilor sistemului față de partea variabilă, de raportul dintre ω și rezonanța circuitului, de frecvența pulsației pozitive cea mai joasă din spectru. In ceeace privește amplitudinea curenților din spectru, se poate arăta că raportul a doi curenți consecutivi tinde către valoarea limită:

$$r = -\frac{L}{\lambda} + \sqrt{\left(\frac{L}{\lambda}\right)^2 - 1}$$

atunci când ne depărtăm spre infinit dela pulsația centrală.

Dacă $R = 0$, $C = \infty$, atunci spectrul devine simetric, iar raportul curenților constant și real în tot spectrul.

Proprietățile de mai sus au fost stabilite pe baza sistemului infinit de ecuații, care definește curenții și determinat de noi într'o altă lucrare [2].

In aceste ecuații, apare un nou gen de impedanță denumită impedanță de legătură, care leagă între ele tensiuni și curenți de pulsații diferite.

Aceste proprietăți sunt importante pentru stabilirea relațiilor energetice din circuitul din fig. 1.

Vom trece acum la examinarea acestor relații, stabilite de noi în lucrări anterioare.

Relații energetice în spectrul de curenți

In primul rând s'a stabilit că în cazul cel mai general al regimului asincron, travaliul mecanic se datorește întotdeauna la doi curenți consecutivi din spectru. Travaliul mecanic total este suma acestor travalii a doi curenți consecutivi din spectru. In tot spectrul superior pozitiv, travaliul mecanic — în baza proprietăților stabilite asupra fazei raportului curenților — este întotdeauna negativ. Sistemul funcționează în această regiune a spectrului ca o frână mecanică.

In tot spectrul inferior negativ, travaliul mecanic este deasemeni negativ.

Putem deci spune că pentru ca energia electrică să treacă dela o frecvență la alta mai înaltă, vecină din spectru, este nevoie de a se introduce travaliul mecanic în sistem.

In regiunea normală a spectrului inferior pozitiv, travaliul mecanic este pozitiv, deci putem spune că energia în trecerea dela o treaptă de frecvență mai înaltă la una mai joasă, imediat vecină, cedează energia mecanică.

In fine, în regiunea anormală a spectrului inferior pozitiv, travaliul mecanic este din nou negativ.

Cele de mai sus arată că pentru funcționarea ca motor, travaliul total din întreg spectrul va trebui să fie pozitiv; va trebui deci avantajată regiunea normală a spectrului inferior

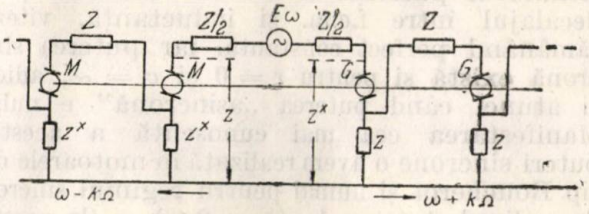


Fig. 3

pozitiv — și suprimate celelalte regiuni — din spectru.

Deasemeni, pentru $r = 0$, $C = \infty$, travaliul mecanic este nul în tot spectrul, raportul curenților fiind real și constant.

In acest caz, energia electrică trece dela pulsația centrală la diferite frecvențe, fără transformare în travaliu.

Putem reprezenta — pe baza sistemului de ecuații și a proprietăților sale energetice, procesul transformărilor de energie printr'o imagine ca aceea din fig. 3, analoagă unui sistem de transmisie.

In fig. 3 se vede cum în vecinătatea generatorului $E\omega$, în serie cu impedanța circuitului $Z = r + jk\omega + \frac{1}{jC\omega}$, o parte din energia electrică se transformă la frecvențele $\omega + k\Omega$, în travaliu mecanic negativ în generatorii G, prin intermediul impedanței de legătură: $z^* = -j\lambda\,(\omega + k\Omega)$, iar o altă parte în energie electrică la pulsația vecină superioară, prin intermediul impedanței de legătură $z = j\,(\omega + k\Omega)$; deasemenea în spectrul inferior pozitiv, o parte din energia sarcinei se transformă în travaliu mecanic pozitiv în motoarele M, prin intermediul impedanțelor de legătură $z = j\lambda\,(\omega - k\Omega)$, iar altă parte în energie electrică la pulsația vecină inferioară, prin intermediul impedanței de legătură, $z^* = -j\,\lambda\,(\omega - k\Omega)$.

Axele mecanice ale tuturor generatorilor G și motoarelor M fiind cuplate între ele.

Regimuri sincrone

Spre deosebire de regimul de mai sus, în care $K_1\omega = K_2\Omega$ și în care travaliul depinde de 2 curenți din spectru, iar faza dintre f.e.m.

și inductanță nu intervine, variația puterii având loc prin variația lui Ω, dacă ceilalți parametri rămân constanți (regim denumit de noi „asincron"), apar și regimuri sincrone, atunci când $\frac{2\omega}{n} = \Omega$. In acest caz, apare un surplus de energie datorit faptului absorpției de energie dela sursă și pe frecvența $(-\omega)$ — absorpție căreia îi corespunde travaliu între frecvențe nevecine din spectru: $(\omega - k_1\,\Omega)$, $(\omega - k_2\,\Omega)$, astfel încât $k_1 - k_2 = N$, unde N este ordinul regimului sincron. In acest caz se mai poate arăta că surplusul de travaliu mecanic (travaliu sincron) se datorește unui singur curent, curentul fundamental din spectru (de frecvență pozitivă cea mai joasă) spectrul putându-se limita de data aceasta în domeniul frecvențelor joase la o fundamentală. Echilibrul puterilor se face de astădată prin decalajul între f.c.m. și inductanță, viteza rămânând perfect constantă, iar puterea sincronă există și pentru $r = 0$ și $c = \infty$, adică și atunci când puterea „asincronă" e nulă. Manifestarea cea mai cunoscută a acestei puteri sincrone o avem realizată în motoarele de tip Boucherot și numai pentru regimul sincron de ordinul 1 ($n = 1$; $\Omega = 2\,\omega$) — (la aceste motoare).

Vedem deci din cele de mai sus, cum teoria circuitelor serie cu inductanță variabilă, desvoltată în cursul cercetărilor noastre a permis stabilirea unor proprietăți noi privind schimburile între energia electrică și travaliul mecanic în asemenea sisteme.

Ea ne arată cum din marele număr de posibilități energetice a acestor sisteme, nu s'a utilizat până în prezent decât singura aceea a regimului sincron de ordinul 1 (la motoarele de tipul Boucherot) și aceasta din lipsa unei teorii generale a fenomenelor, teorie care o avem astăzi și care ne dă posibilitatea de a pune în lumină adevăratul proces al transformărilor energetice în aceste mașini și a le influența în vederea obținerii efectelor dorite.

Studiul circuitului mecanic

In cele de mai sus, s'a considerat spectrul de curenți produs și schimburile de energie în presupunerea că cele două surse de energie: electrică și mecanică sunt de capacitate infinită — neinfluențabile în frecvența lor, în faza lor, în amplitudinea lor, de schimburile reciproce de energie —. Dacă acum considerăm sursa mecanică finită, deci funcționarea ca motor, atunci apar condiții de existență a unor regimuri sau a altora. Regimurile care se stabilesc sunt acele care realizează egalitatea puterilor astfel: puterea electrică cedată trebue să fie egală cu puterea mecanică absorbită. Acest echilibru al puterilor se face sau prin variația vitezei de rotație în cazul regimului asincron, sau prin variația decalajului la regimurile sincrone, sau în fine prin variația amplitudinii oscilațiilor, atunci când sistemul mecanic este oscilant, având o frecvență proprie mică față de frecvența f.e.m. aplicată. In cazul regimului asincron al unui asemenea sistem electro-mecanic oscilant, avem deaface cu un adevărat efect de întreținere de oscilații mecanice pe frecvența proprie a sistemului mecanic, prin curent alternativ, după cum în întreținerea oscilațiilor pe frecvență proprie a unui circuit electric rezonant, cu lămpi electronice, avem deaface cu o întreținere de oscilații prin curent continuu. Teoria acestui efect de „auto-oscilații" a fost expusă într'o lucrare [3] anterioară, utilizând numai trei curenți din spectru (metoda celor trei curenți), în care s'a arătat că efectul de „autoexcitație" este maxim atunci când acordul circuitului este făcut pe frecvența cea mai joasă.

Câteva aplicații

Vom indica acum câteva din aplicațiile proprietăților stabilite în circuitul electric cu inductanță variabilă, aplicații cercetate și în curs de cercetare în cadrul Institutului.

a) *Ciocane electrice.* Posibilitatea de a obține în mod simplu mișcare alternativă, fără contacte, fără bobinaje pe rotor sau armătură mobilă ne-a condus la ideea aplicării acestor proprietăți, la realizarea de ciocane electrice pentru diferite utilizări: exploatări miniere, nituiri, ștemuiri, etc. Despre acest capitol, am scris într'un alt număr al revistei [7].

In ultimul timp, s'a ajuns la un alt tip de ciocan decât acela descris atunci și care funcționa cu condensator. In modelul actual, condensatorul e suprimat; deasemeni, se utilizează electromagneți de tipul cu cursă scurtă, precum și precomprimarea resortului, care inițial avea drept scop numai restituirea unei părți din energia berbecului, la cursa de înapoiere. Aceste modificări au permis realizarea unui randament mai ridicat, posibilitatea funcționării la orice tensiune oricât de joasă (deci securitate în exploatare) și reducerea prețului de cost prin suprimarea condensatorului. Tipul cu condensator rămâne a fi utilizat la instalațiile imobile: ciocane de forje, etc.

b) *Pendul parametric pentru ceasurile electrice.* Autoexcitarea în curentul alternativ al unui sistem mecanic oscilant, astfel după cum s'a arătat mai sus, pe frecvență proprie a sistemului independent de frecvența și tensiunea rețelei, ne-a sugerat ideea aplicării acestui efect la realizarea de ceasuri electrice, a căror indicație să fie independentă de variațiile frecvenței și tensiunii de alimentare.

c) *Frecvențmetre.* Efectul de variație a amplitudinii mecanice cu frecvența curentului de alimentare în jurul frecvenței de acord a circuitului pe frecvența cea mai joasă din spectrul celor trei curenți (metoda celor trei curenți) permite realizarea unui frecvențmetru simplu, pe baza acestui efect. In acest scop, s'a construit în Institut un sistem cu lamă vibrantă, autooscilant. Acordând circuitul elec-

tric pe o anumită frecvență, amplitudinea de vibrație a lamei variază cu depărtarea frecvenței aplicate, de măsurat, față de frecvența de acord. Această variație e foarte mare, dacă ascuțimea rezonanței mecanice a lamei este mare. Pentru a mări și mai mult sensibilitatea aparatului, se poate utiliza ca indicator un pendul cu suspensie vibrantă [6], a cărui suspensie va fi însăși lama vibrantă a frecvențmetrului.

d) *Telemăsuri.* Efectul de variație al amplitudinii oscilației mecanice cu variația capacității condensatorului din circuit, precum și selectivitatea foarte mare ce se obține cu ajutorul pendulului parametric, prin cele două acorduri: a circuitului electric și a circuitului mecanic, permite realizarea unui sistem de telemăsuri prin curenți purtători, utilizând o aparatură foarte simplă și robustă. In fig. 4,

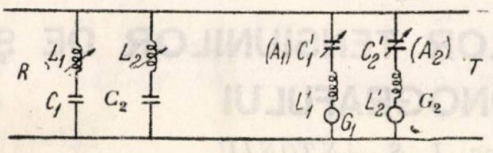


Fig. 4

am indicat schema de principiu a unei asemenea instalații cu două canale de telemăsrri. La capătul T al liniei, avem în A_1 și A_2 aparate de măsură, a căror indicații trebue transmise la capătul R (recepție). Aceste aparate au pe axul indicatorului lor, câte un condensator cu aer variabil; C_1' și C_2'. La fiecare poziție a acului indicator, corespunde astfel o anumită valoare a acestor condensatori. Circuitele serie C_1', L_1' și C_2', L_2' dela capătul T, sunt acordate pe frecvențele generatorilor G_1 și G_2. La recepție (R) avem în L_1 și L_2 „pendulele lamă" acordate cu C_1 și C_2 pe frecvențele generatorilor G_1 și G_2. La fiecare valoare a lui C'_1 și C_2' va corespunde astfel câte o valoare a amplitudinii oscilațiilor lui L_1 și L_2. Deși sistemul face parte din clasa sistemelor bazate pe variația intensității, se poate arăta că el este în mare măsură autocompensat, ceeace îl face propriu și pentru telemăsuri pe liniile de energie, a căror impedanță variază.

Trebue avut în vedere că un asemenea sistem nu are nevoie la recepție de niciun amplificator, detector și alte dispozitive electronice, pendulul parametric fiind el însuși și amplificator și detector și instrument de măsură, aceasta datorită efectului de autoexcitație amintit mai sus.

Funcționarea a două sisteme parametrice alimentate de aceeași sursă

Unul din rezultatele cele mai promițătoare de aplicații al fenomenelor în circuite cu inductanță variabilă îl constitue funcționarea în serie a două sisteme parametrice alimentate de aceeași sursă.

In acest caz, teoria arată că prin introducerea unui decalaj între armăturile mobile ale celor două sisteme se poate introduce din afară o putere electrică de circulație în sistem, provenind dintr'o sursă de energie mecanică exterioară. In asemenea condiții, sistemul antrenat din afară și al cărui decalaj este în sensul mișcării, funcționează ca generator, iar celălalt cu decalaj în urmă ca motor. Se produce astfel o antrenare sincronă a arborelui motor față de arborele generatorului, prin intermediul puterii electrice de circulație între cele două mașini. Acest nou efect prevăzut prin calcul a fost pus în evidență și experimental pe cele două mașini parametrice ale Institutului. Această putere poate deveni foarte mare dacă gradul de modulație $m = \lambda/L$ tinde către unitate — devenind infinită când devine egal cu 1. Unghiul de torsiune al arborelui electric astfel realizat tinde către 0, arborele devenind complect rigid. Pentru $m > 1$, puterea transmisă e tot infinită, însă unghiul de torsiune crește cu m. In acest proces, f.e.m. aplicată sistemului furnizează energie numai pentru a face față pierderilor în sistem (energie Joule, etc.).

Supleța procesului este foarte mare, el permițând între altele: transformarea mișcării oscilante în mișcare de rotație (bielă, manivelă electrică) și viceversa, transformarea unei viteze de rotație în alta (efect de schimbător electric de viteză), oricât de mare sau oricât de mică, sincronizarea automată a două pendule parametrice, etc.

In fine, transpus în domeniul frecvențelor înalte, acest efect poate conduce la un nou mijloc de telecomunicație asupra cărora nu putem insista aci. Avantajul în acest domeniu este posibilitatea realizării pe cale electronică de grade de modulație mai mari ca 1 într'o bandă largă.

In domeniul curenților tari, problema realizării acestor efecte la scară industrială, depind de realizarea practică de grade de modulație mari de ordinul lui 0,85... 0,9.

Concluzii asupra fenomenelor în circuite cu inductanță variabilă

S'au expus aici succint câteva din rezultatele cercetărilor teoretice și practice făcute în Institutul de Energetică asupra acestor circuite și posibilitățile de aplicație în diferitele domenii ale tehnicii. Ele aduc o contribuție la desvoltarea a ceeace N. Papalexi și școala sa

a denumit electrotehnica parametrică, spre deosebire de electrotehnica clasică, în care efectul variației inductanței este un efect secundar și care se caută a se înlătura, mașinile electrice desvoltându-se în cadrul acestei discipline, astfel după cum s'a arătat la început, pe baza excitației în curent continuu.

Bibliografie

1. *Marinescu M.*: Aspecte din teoria și practica mașinilor cu inductanță variabilă. Revista ASIT „Electricitatea" Nr. 4/1951.
2. *Marinescu M.* și *Popov M.*: O nouă metodă de analiză a fenomenelor parametrice. Comunicările Academiei R.P.R. Nr. 9—10/1952.
3. *Marinescu M.*: Sisteme electromecanice autooscilante. Comunicările Academiei R.P.R. Nr. 3/1953.

★

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН С ПЕРЕМЕННОЙ ИНДУКТИВНОСТЬЮ

Резюме

Излагаются теоретические результаты и некоторые практические применения, достигнутые во время исследований производящихся в Энергетическом Институте Академии Р. Н. Р. касающиеся вопроса развития теории и применения машин с переменной индуктивностью. Указываются взгляды советских ученых Л. Мандельштама и Н. Папалекси и их школы в связи с развитием электрических машин и как настоящие работы содействуют распространению этих идей и на другие области применения.

DETERMINAREA CARACTERISTICILOR TENSIUNILOR DE ȘOC CU AJUTORUL KLIDONOGRAFULUI

Dr. Ing. GH. DRAGU și Dr. Ing. I. S. ANTONIU

In articol se descrie mecanismul de formare a figurilor klidonografice, explicația teoretică a formării acestor figuri precum și utilizările de ordin practic prin măsurarea mărimii și polarității tensiunilor de șoc, precum și a curenților acestor tensiuni pe liniile și la stațiile de înaltă tensiune.

Introducere. Incă din anul 1777 a fost stabilit de Lichtenberg prezența unor figuri pe plăcile izolante, datorită tensiunilor de șoc.

De atunci s'a căutat să se explice în mod teoretic mecanismul apariției acestor figuri, urmărindu-se concomitent clarificarea următoarelor probleme în legătură cu apariția figurilor:

— forme diferite a figurilor, provenite din cauza unor tensiuni de șoc de polaritate pozitivă, față de o tensiune de șoc de polaritate negativă;

— vitesa de creștere a figurilor;

— dependența razei figurilor față de mărimea tensiunii de șoc;

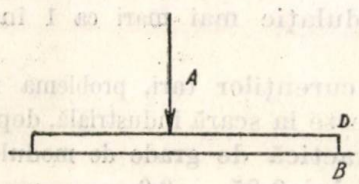


Fig. 1

— dependența razei figurilor față de panta frunții tensiunii de șoc;

— influența constantei dielectrice și a grosimii dielectricului asupra figurilor;

— influența presiunii și naturii gazului în care au loc fenomenele de descărcare;

— influența gradului de umiditate.

In afară de aceste cercetări teoretice, figurile au arătat în ultimii ani și o utilizare practică.

După forma lor s'a căutat să se tragă concluzii cu privire la tensiunile de șoc care provoacă aceste figuri, în ce privește polaritatea, mărimea și forma acestor tensiuni.

Aparatul cu care se pot înregistra tensiunile de șoc se numește „Klidonograf".

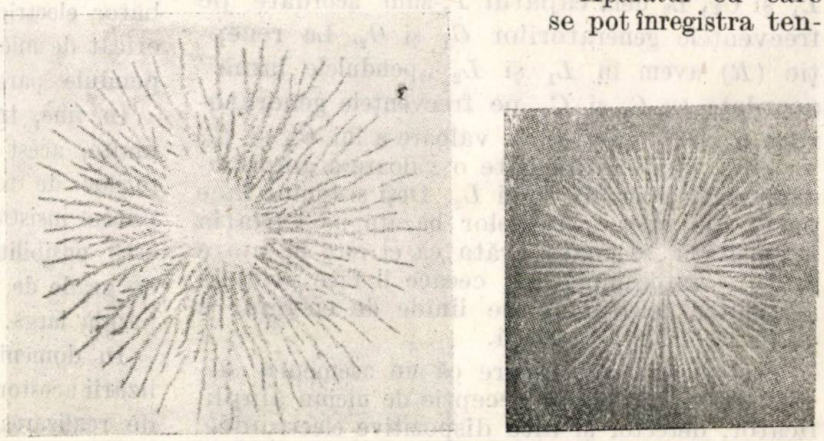


Fig. 2. Figuri de polaritate pozitivă, simetrice, pe placă de ebonit (stânga) și pe placă fotografică (dreapta), obținute cu tensiuni de șoc de 9,5 kV și pantă a frunții tensiunilor de șoc de 350 kV/μs.

Descrierea experiențelor. Klidonograful, cu care se experimentează actualmente în laborator se compune (fig. 1) din:

— 1 electrod A format dintr'un vârf de metal;

— 1 electrod B format dintr'o placă de metal;

— 1 placă D, care este undielectric. Dielectricul cu care se experimentează în mod obișnuit în laboratoare este ebonitul, putând fi însă și o placă fotografică. Dacă la un astfel de sistem, diferența de potențial între A și B devine în mod brusc mare, de exemplu printr'o tensiune de șoc, atunci apar în jurul electrodului A, pe suprafața dielectricului, fenomene de curgere (alunecare) a particolelor electrice. Acestea pot fi făcute vizibile în diverse moduri. Pe plăcile de ebonită figurile apar prin presărarea plăcilor cu un amestec de praf de sulf și miniu de plumb. Praful de sulf se încarcă negativ și aderă pe resturile de încărcare pozitive, iar miniul se încarcă pozitiv și aderă pe resturile de încărcare negative. Plăcile fotografice sunt impresionate de fenomenele de ionizare, care sunt provocate de electroni în timpul fenomenului apariției tensiunii de șoc.

Atât timp cât descărcarea nu depășește o anumită valoare U_0, figurile formate în modurile

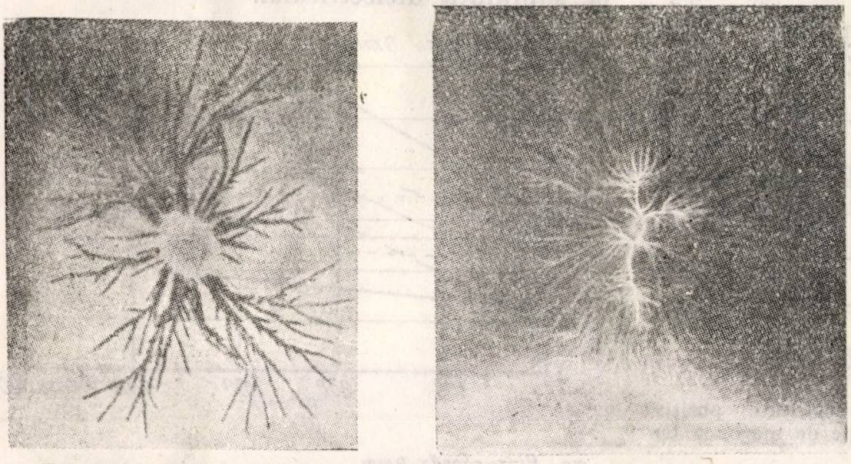


Fig. 4. Figuri de polaritate pozitivă, *nesimetrice*, pe ebonit (stânga) și placă fotografică (dreapta) obținute cu tensiuni de șoc de 14 kV și pantă a frunții tensiunilor de șoc de 13 kV/μs.

arătate mai sus, atât pe plăci fotografice, cât și pe ebonit, sunt simetrice și pot servi la determinarea caracteristicilor tensiunilor de șoc.

Deasupra acestei valori U_0, figurile își pierd simetria și nu mai pot servi în mod practic la determinarea acestor caracteristici.

Din experiențele făcute de diverși autori în această privință, reiese că valoarea lui U_0 este în jurul cifrei de 18 kV. Deasupra valorii acestei tensiuni, înregistrarea cu Klidonograful a unei tensiuni de șoc nu se poate face decât printr'un divizor de tensiune, care să nu permită la Klidonograf decât o tensiune de șoc inferioară tensiunii critice de 18 kV.

Figuri nesimetrice pot apare deasemenea și la tensiuni de șoc sub tensiunea critică de 18 kV, la care panta frunților acestor tensiuni are o valoare de circa 10 kV/μs.

Rezultate experimentale. In figurile 2, 3, 4 și 5 sunt arătate figuri obținute cu Klidonograful în experiențele făcute în laborator pentru înregistrarea tensiunilor de șoc.

Experimentele făcute pentru înregistrarea tensiunilor de șoc de ambele polarități și anume la

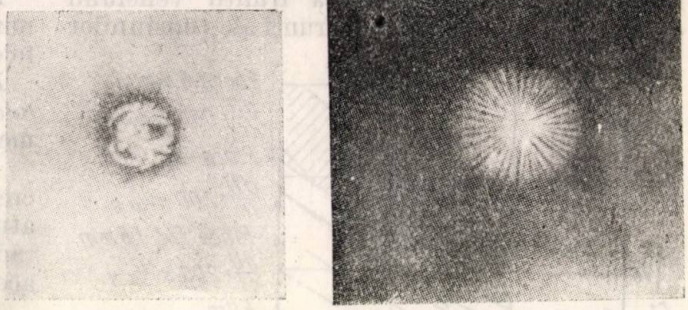


Fig. 3. Figuri de polaritate negativă, simetrice, pe ebonit (stânga) și placă fotografică (dreapta), obținute cu tensiuni de șoc de 9,5 kV și pantă a frunții tensiunilor de șoc de 133 kV/μs.

diverse tensiuni de șoc și diverse pante dau rezultatele arătate în fig. 6 și 7.

Din figura 6, $r_{\pm} = f(u)$, rezultă că în ambele polarități razele figurilor variază liniar cu tensiunea de șoc. La polaritatea pozitivă curbele obținute din figuri pe plăci fotografice sunt așezate sub cele obținute pe plăci de ebonit, ambele având însă gradiente sensibil egale.

La o polaritate negativă curbele obținute din figuri pe plăci fotografice au un gradient mai mare decât cele obținute pe plăci de ebonit. Acest fenomen apare mai vizibil la tensiuni de șoc superioare valorii de 7 kV.

In figura 7, $r_{\pm} = f\left(\frac{dU}{dt}\right)$, curbele cu polaritatea pozitivă prezintă două regiuni distincte. Prima regiune se întinde dela panta frunții tensiunii de șoc maxim măsurate, în jos,

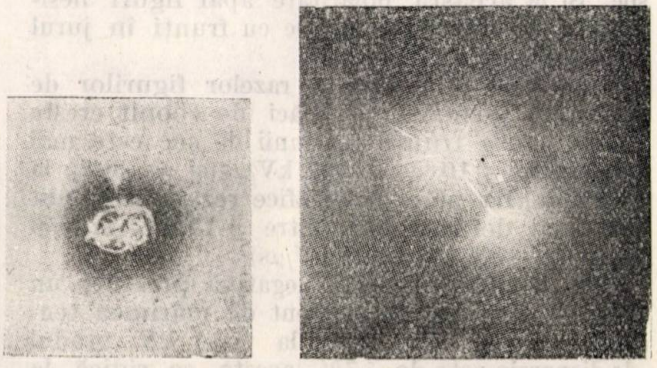


Fig. 5. Figuri de polaritate negativă, *nesimetrice*, pe ebonit (stânga) și placă fotografică (dreapta), obținute cu tensiuni de șoc de 14 kV și pantă a frunții tensiunilor de șoc de 1,4 kV/μs.

până la o pantă a cărei valoare variază cu mărimea tensiunii de șoc. In această regiune

razele figurilor variază foarte puţin cu panta frunţii tensiunii de şoc. A doua regiune este în imediata continuare a primei regiuni şi se caracterizează printr'o micşorare rapidă a razei figurilor cu cât panta frunţii tensiunii de şoc este mai mică. La frunţi ale tensiunilor

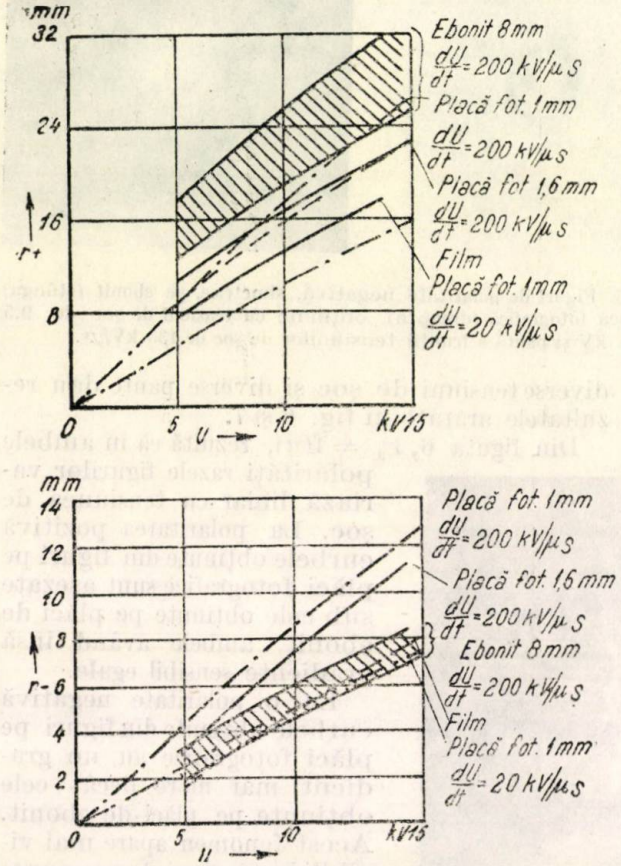


Fig. 6. Variaţia razei figurilor de polaritate pozitivă (stânga) şi negativă (dreapta), în funcţie de mărimea tensiunii de şoc.

de şoc în jurul lui 10 kV/μs figurile pozitive devin nesimetrice.

Curbele cu polaritatea negativă nu prezintă decât o singură regiune în care razele figurilor se micşorează uşor cu panta frunţii tensiunii de şoc. Şi la această polaritate apar figuri nesimetrice la tensiuni de şoc cu frunţi în jurul a 10 kV/μs.

Gradul de dispersie a razelor figurilor de polaritate pozitivă pe plăci de ebonit creşte cu cât panta frunţii tensiunii de şoc este mai lină (între ±10% la 400 kV/μs şi ± 30% la 10 kV/μs).La plăci fotografice rezultatele sunt ceva mai defavorabile (între ±15,5% la 550 kV/μs şi ±33,5% la 13 kV/μs).

Figurile de polaritate negativă prezintă un grad de dispersie dependent de mărimea tensiunii de şoc. Pe când la −14 kV gradul de dispersie este de ±7%, acesta se ridică la −5 kV la ±27%. Şi la această polaritate gradul de dispersie este mai mare la figurile obţinute pe plăci fotografice, decât la cele pe plăci de ebonit.

In ceeace priveşte numărul ramurilor la figurile de polaritate pozitivă, se observă o oarecare dependenţă între acest număr şi raza figurii. Cu cât raza figurii devine mai mică, cu atât numărul ramurilor este mai restrâns, acestea fiind şi din ce în ce mai subţiri.

Figurile de polaritate negativă prezintă numai începuturi de ramuri care nu pot fi folosite la o evaluare numerică.

Explicaţia teoretică a rezultatelor experimentale. Pentru explicarea rezultatelor experimentale stau la bază următoarele ipoteze:

— Pentru ca figurile klidonografice să poată creşte pe o placă izolantă în aer, la presiunea atmosferică, este necesar un câmp electric radial de 30 kV/cm, care să permită prin aceasta o ionizare prin şoc a electronilor.

— Din cauza timpului extrem de scurt al fenomenului de formare a figurilor (circa 10^{-7} s), se consideră că numai electronii se deplasează, provocând fenomene de ionizare prin şoc, pe când ionii stau practic în nemişcare şi influenţează procesul numai prin încărcarea lor spaţială, care modifică forma câmpului electric pe suprafaţa dielectricului.

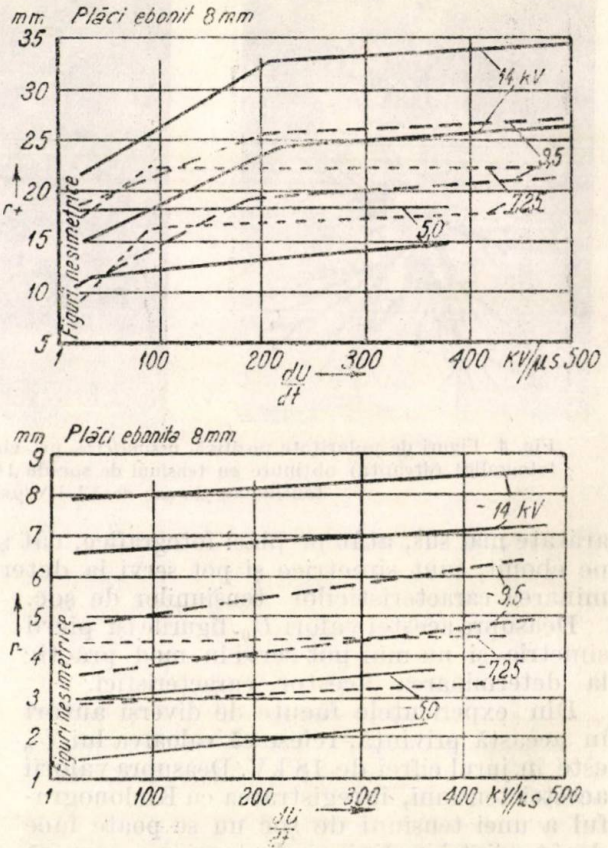


Fig. 7. Variaţia razei figurilor de polaritate pozitivă (sus) şi negativă (jos) în funcţie de panta frunţii tensiunii de şoc.

Diferenţa formei figurilor de polaritate pozitivă şi negativă se explică în modul următor:

La figurile de polaritate pozitivă, electronii se deplasează dela periferie spre vârful pozitiv, ionizând prin şoc şi lăsând în urma lor o încărcare spaţială pozitivă. Această încărcare spaţială modifică câmpul electric iniţial la periferia figurii, aşa încât creşterea figurii

este favorizată. Incărcarea spațială pozitivă a unui electron primar ecranează câmpul electric în așa mod față de încărcarea spațială a unui electron vecin, încât spațiul dintre ele numai poate fi apt pentru noi ionizări prin șoc a electronilor. Drumurile provocate de electroni în mișcarea lor către vârful pozitiv rămân din această cauză bine conturate, figura pozitivă apărând astfel formată din ramuri bine definite.

La figurile de polaritate negativă, electronii se deplasează dela vârful negativ spre periferie, provocând ionizare prin șoc. Incărcarea spațială pozitivă modifică câmpul electric inițial în așa mod, încât îl mărește în regiunea vârfului și îl micșorează spre periferie. Din această cauză figura de polaritate negativă nu se poate desvolta ca cea de polaritate pozitivă. Incărcarea spațială pozitivă acționează ca un grătar de protecție, care prinde din ce în ce mai multe linii de forță între vârf și electronii în mișcare. Din această cauză apar componente tangențiale, care împrăștie avalanșa de electroni produsă prin șocul electronului primar, în tot sectorul. Ca urmare, figura de polaritate negativă nu apare cu ramuri ca cea pozitivă, ci cu sectoare continui.

Creșterea liniară a razei figurilor de ambele polarități cu tensiunea, se explică prin deplasarea câmpului radial de 30 kV/cm dela vârf spre periferie, pe măsură ce tensiunea de șoc crește. Vitesa de creștere a figurii este condiționată de panta frunții tensiunii de șoc. Așadar această vitesă descrește pe măsură ce panta devine mai lină. La figurile de polaritate pozitivă, creșterea figurilor este mai mare decât la figurile de polaritate negativă, deoarece câmpul de ionizare prin șoc este favorizat de încărcarea spațială a ionilor.

Raționamentul de mai sus explică și rezultatele experimentale din fig. 7 pentru figurile de polaritate pozitivă. La acestea, raza figurii rămâne constantă la o descreștere a pantei frunții aceleași tensiuni de șoc până la o valoare a frunții, când raza figurii nu mai poate înainta din cauză că electronii în mișcarea lor către polul pozitiv (vârf) sunt din ce în ce mai frânați și sfârșesc prin a se uni din nou cu ionii pozitivi, întâlniți în drum. Această pantă coincide cu punctul unde curba face o cotitură și începe brusc să scadă. Prin descreșterea continuă a pantei frunții aceleași tensiuni de șoc de polaritate pozitivă, figura devine la un moment dat nesimetrică (panta 10 kV/μs) din cauza neuniformității înaintării câmpului radial de 30 kV/cm pe toată periferia figurii, până când la o descreștere și mai mare a pantei (1 kV/μs), figura încetează de a mai apare.

Creșterea gradului de dispersie a razei figurilor de polaritate pozitivă cu descreșterea pantei frunții aceleași tensiuni de șoc, se explică prin frânarea din ce în ce mai mare a electronilor în drumul lor spre polul pozitiv, oprirea lor și deci încetarea creșterii figurii putându-se face mult mai neregulat, decât atunci când panta frunții tensiunii de șoc este mai mare.

Rezultatele experimentale din fig. 7 pentru figurile de polaritate negativă arată că aci trecerea dela figuri simetrice la figuri nesimetrice se face fără regiunea de descreștere bruscă a razei figurii, cu cât panta frunții aceleași tensiuni de șoc devine mai lină. Aceasta se explică prin însăși mecanismul de formare a figurilor negative, care nu se pot desvolta ca cele pozitive, din cauza influenței hotărîtoare a încărcărei spațiale pozitive la periferia figurii. Această influență se face mai mult simțită la tensiuni de șoc mai mici, unde gradul de dispersie al razei figurilor de polaritate negativă este mult mai mare ($\pm$ 27% la 5 kV) față de gradul de dispersie la tensiuni mai înalte ($\pm$ 7% la 14 kV). Aci după unele teorii, câmpul electric poate crește într'un așa grad, încât poate să aibă loc ionizări prin șoc și din partea ionilor pozitivi. In acest caz influența încărcării spațiale scade și figura se poate desvolta în mod mai regulat și cu un grad de dispersie mai mic.

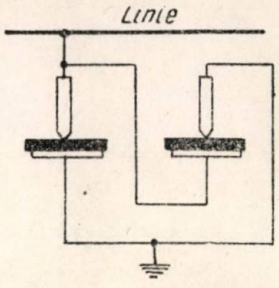


Fig. 8.

Utilizări practice. Klidonografele servesc azi în U.R.S.S. pentru stabilirea mărimii supratensiunilor care se ivesc la diverse procese de comutare, scurtcircuite, sau prin descărcări atmosferice în liniile de transport și în stațiile electrice.

Prin conectarea klidonografelor la rezistențe ohmice s'a făcut deasemenea posibilă măsurarea curenților descărcărilor electrice.

In anul 1939 au fost conectate 3 000 klidonografe pe liniile și în stațiile de înaltă tensiune din U.R.S.S., care au furnizat date prețioase asupra tensiunilor apărute în aceste linii. Conectarea klidonografului în linii se face după

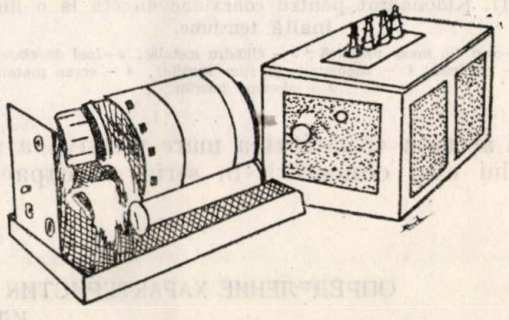


Fig. 9. Klidonograful tip XƏTH

schema din figura 8, care permite să se facă măsurători concomitente în ambele polarități. In U.R.S.S. se întrebuințează klidonograful model XƏTH. Tamburul acestui klidonograf este împărțit în 3 sectoare și are 4 electrozi care permit ca aparatul să fie conectat în așa mod, încât figurile de o polaritate să poată fi înregistrate din 3 faze și firul de protecție, sau

figurile de ambele polarități din 2 faze. Inregistrarea se face pe film, existând posibilitatea de înregistrare și a timpului când a apărut figura. Conectarea se face printr'un divizor de tensiune format chiar de izolatorii lanț, izolatorii de susținere sau de trecere. (Fig. 10).

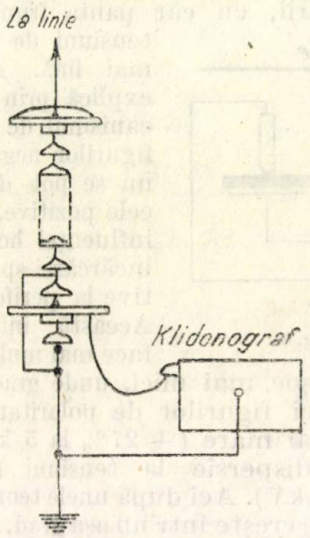


Fig. 10. Conectarea unui klidonograf la rețeaua de înaltă tensiune.

Acest sistem scumpește însă și complică instalația.

Dolghenof a găsit soluția să se conecteze klidonograful direct la o linie de înaltă tensiune.

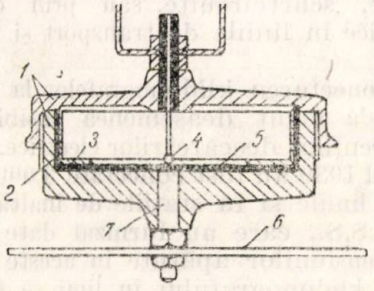


Fig. 11. Kidonograf pentru conexiune directă la o linie de înaltă tensiune.

1 – corp din masă plastică; *2* – cilindru metalic; *3* – inel de ebonit; *4* – electrod; *5* – dielectric și film sensibil; *6* – ecran metalic; *7* – electrod inferior.

Prin aceasta capacitatea mare relativă a aparatului este conectată în serie cu capacități mai mici față de pământ. Klidonograful întrebuințat de dânsul este arătat schematic în fig. 11.

Din acest klidonograf a derivat klidonograful conectat direct la linia de înaltă tensiune prin atârnare, după cum este arătat în fig. 12. Acest klidonograf are placa de dielectric din mijloc acoperită cu film sensibil pe ambele fețe pe care apasă 2 electrozi, așa încât se pot înregistra figuri de polarități diferite pe ambele fețe ale plăcii. Capacele au culori diferite, cu bolțuri centrale prevăzute cu filete diferite. Filetul superior se înșurubează în susținătorul care se atârnă de linie printr'un dispozitiv de presare. Filetul inferior se conectează cu prăjini diferite de 6...10 cm pentru modificarea sensibilității aparatului. Valori-

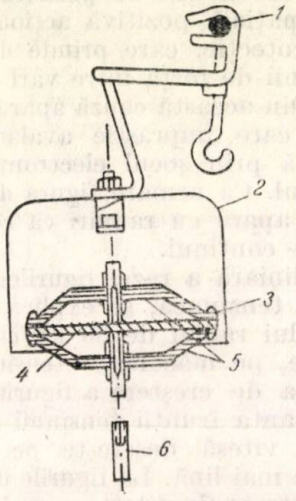


Fig. 12. Klidonograf atârnat.

1 – linie de înaltă tensiune; *2* – capac de aluminiu; *3* – clemă de cauciuc; *4* – emulsie fotografică; *5* – ecranare; *6* – prăjini amovibile pentru reglarea sensibilității.

ficarea figurilor se face prin curbe etalon în care tensiunea este redată în funcție de raza figurilor klidonografice pentru diverse grosimi de dielectric.

Actualmente se utilizează în mod frecvent în U.R.S.S. klidonografe pentru scopurile arătate mai sus și se impune ca pe baza experiențelor câștigate acolo să se introducă și la noi în țară utilizarea klidonografelor, pentru controlul tensiunilor de șoc pe liniile de înaltă tensiune.

★

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИМПУЛЬСНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ КЛИДОНОГРАФА

Р е з ю м е

В статье описывается механизм образования клидонографических фигур, дается теоретическое объяснение образования этих фигур и практическое применение для измерения величины и полярности импульсных напряжений и соответствующих токов на линиях и в подстанциях высокого напряжения.

CALCULUL INCĂLZIRII STAȚIONARE A CONTACTELOR ELECTRICE

Dr. Ing. A. AVRAMESCU

Pe baza studiilor principiale ale fenomenelor fizice în contacte se stabilește că atingerea între contacte este în general pur metalică, iar rezistența de contact se datorește strictiunei și dispersiunei liniilor de curent. In consecință se stabilesc scheme geometrice simple pentru contactul punctiform (sferic) și liniform (cilindric) calculându-se rezistențele de dispersiune și de trecere corespunzătoare. Se calculează apoi încălzirea contactelor sferice și cilindrice cu și fără luarea în considerare a a variației cu temperatura a parametrilor. Cele cilindrice fiind limitate se presupune pe suprafața lor exterioară o răcire perfectă sau imperfectă. Calculele se fac separat pentru contacte cu rezistență de dispersiune și contacte cu rezistență de trecere, arătându-se diferențele în rezultate după schema contactului. In încheiere se dau indicații referitoare la felul cum se întrebuințează practic rezultatele teoretice deduse. Calculele în forma prezentată sunt deduse de autor, cele pentru contacte cilindrice făcând obiectul unei comunicări făcute secției a III-a a Academiei R.P.R.

Incălzirea contactelor din aparate și instalații electrice, constatată atât în laborator cât și în exploatare, depășește încălzirea conductorilor metalici masivi. Astfel contactele devin surse permanente de căldură care influențează dimensionarea și construcția aparatelor și instalațiilor electrice [1], deoarece în regim nominal toată căldura produsă trebue disipată în exterior, iar temperaturile părților constructive sunt din motive de securitate limitate prin prescripții și standarde [2].

Măsurarea temperaturilor staționare a pieselor de contact se poate face în laborator, dar numai pe suprafețele exterioare ale acestor piese, anume în puncte accesibile. Pătura de contact are însă o temperatură staționară diferită de părțile exterioare ale pieselor de contact și această diferență este, după cum se va vedea, esențială. Măsurători în însăși pătura de contact nu sunt posibile nici cu termoelemente, de masă și dimensiuni foarte reduse, deoarece introducerea lor provoacă distorsiuni esențiale ale câmpului electric și de temperatură inițial. Deci astfel de măsurători se pot face numai în puncte apropiate de suprafețele în contact direct, iar temperatura în aceste suprafețe rămâne necunoscută. Calculul este indicat în acest caz să stabilească repartizarea principială a câmpului de temperatură, spre a permite aprecierea încălzirii păturilor în contact pe cale indirectă, eventual din măsurători ale încălzirei unor puncte apropiate.

Studiul amănunțit al naturei rezistenței de contact permite stabilirea unor scheme principiale ale contactului care se pot utiliza pentru punerea în ecuație a parametrilor de care depinde rezistența și încălzirea contactelor. In cele ce urmează se indică această cale, se deduc și se reprezintă grafic rezultatele analitice care se interpretează din punct de vedere fizic și tehnic.

1. NATURA ȘI CALCULUL REZISTENȚEI DE CONTACT

1.1 *Cercetarea fenomenului fizic* care produce rezistența de contact este esențială pentru formularea matematică și rezultatele calculelor.

La prima vedere situația pare a fi foarte simplă. Două piese metalice aduse în contact prezintă la nivelul suprafețelor de atingere, o rezistență mai mare decât cea corespunzătoare secțiunilor în aparentă atingere. La început s'a presupus că această mărire de rezistență s'ar datora unor straturi de impurități sau de oxizi aflate pe suprafața contactelor, straturi care ar mări rezistivitatea în aceste suprafețe. In 1912 Binder [3] a arătat că rezistența de contact, în contacte sub presiunile obișnuite nu e dată practic de vreun strat izolant sau de oxizi între suprafețele de contact metalice, ci este o rezistență de strictiune a liniilor de curent. Dacă ar fi o pătură oricât de subțire de izolant, ar trebui să existe o tensiune minimă de străpungere a contactului. Prin experiențe s'a dovedit că legea lui Ohm se verifică practic până la cele mai mici tensiuni. Această comportare principială s'a verificat de către Holm [4] și pentru contacte de cărbune în 1922.

Suprafața metalelor, chiar lustruite, este fără îndoială foarte neregulată, ceeace se poate constata azi la microscopul electronic. Intr'un contact, numai anumite vârfuri cu suprafețe foarte mici sunt în atingere directă metalică.

Mărirea de rezistență apare din cauza strictiunii liniilor de curent în apropierea suprafețelor de contact.

Cercetări mai amănunțite [5] au arătat că pe toate suprafețele metalice ce se află în aer, în lichide, etc., se depune prin adsorbție o pătură foarte subțire din gazul sau lichidul înconjurător, care aderă cu atât mai mult la suprafața metalului cu cât este mai aproape de acesta. Prima pătură monomoleculară aderă cu o presiune ce poate atinge mai multe sute de atmosfere și se poate deplasa numai prin presiuni corespunzătoare.

Conductibilitatea electrică în pături atât de subțiri este asigurată însă prin salturi de electroni peste această pătură, datorite agitației termice a electronilor, a influenței câmpului exterior și a efectului tunel. Pătura monomoleculară, care în aer este de obicei de oxigen, se poate deplasa numai prin încălzire în vid. Contactele care au numai această pătură monosau bimoleculară de gaze între suprafețele metalice, se pot considera totuși, practic metalice, deoarece rezistența datorită stratului

molecular aderent este mult inferioară rezistenței de strictiune a liniilor de curent. Numai la straturi mult mai groase de oxizi și impurități în contacte, rezistența acestora poate deveni de ordinul de mărime a rezistenței de strictiune.

Comportarea principială a contactelor se poate studia numai dacă presupunem contactele practic metalice, adică fără straturi de impurități, exceptând cele moleculare. Cunoștințele ce au rezultat din cercetări în aceste condiții au fost de cea mai mare importanță pentru construcția rațională a contactelor.

Suprafețele metalice în contact se ating la presiuni mici numai în câteva puncte formate de vârfuri proeminente, care se deformează elastic. La apăsări mai mari aceste vârfuri se deformează permanent și din echilibrul forțelor în suprafețele microscopice apare tensiunea de deformare plastică a metalului.

Dacă F este forța de apăsare, suprafața microscopică de contact ar rezulta din relația simplă $s = F/\sigma$, unde σ ar fi duritatea. Se întâmplă însă că solicitarea acestor suprafețe minuscule nu este uniformă și σ nu este atins decât în centrul acestor suprafețe, descrescând către margine. Dacă descreșterea se presupune liniară până la zero, ar rezulta o medie de 50% deci $s = 2F/\sigma$. La contacte normale se constată tensiuni medii de numai 10% astfel că practic se poate calcula cu formula $s = 10F/\sigma$.

Constatări experimentale au dovedit că această suprafață microscopică reală de contact este și în acest caz de 10^4 — 10^5 ori mai mică decât suprafața macroscopică aparent în contact, în afară de cazurile când contactul se face prin vârfuri, sau sfere, ce se ating practic pe suprafețe foarte mici.

Este clar deci, că rezistența de contact se produce mai puțin din cauza unor pături streine (rezistență de trecere) care la presiunile specifice foarte mari ar putea să fie perforate, ci din cauza strictiunii liniilor de curent în apropierea acestor suprafețe microscopice de reală atingere (rezistență de dispersiune).

Ceeace este important pentru schematizarea contactelor în acest sens este că sursele de căldură nu se află în pătura de contact propriu zisă, a cărei grosime este neglijabilă, ci în însăși masa metalică din jurul punctelor de contact.

Dacă într'o suprafață de contact macroscopică, punctele de contact sunt îndepărtate unul de altul, astfel ca liniile de curent în regiunea de strictiune să nu se influențeze reciproc, atunci conductanța totală de strictiune se compune aditiv din suma conductanțelor de strictiune a punctelor de contact.

Din punct de vedere al rezistenței ohmice și al încălzirei, rezistențele de strictiune a contactelor multiple microscopice se pot înlocui cu o rezistență de strictiune având o singură suprafață de contact (deobicei se alege o suprafață circulară sau sferică) și având aceeași rezistență ca și contactul real, astfel ca la fel cu circuitele electrice, contactele se calculează pe bază de scheme echivalente.

Rezistența de contact fiind dată de strictiunea liniilor de curent, rezistivitatea metalului se extinde în toată zona contactului. Rezistența de strictiune se calculează în funcție de această rezistivitate a metalului, considerată, pentru simplificarea calculului, deobicei constantă. In realitate variația ei cu temperatura modifică de fapt substanțial tabloul fenomenologic.

1.2 *Contactul punctiform.* Schema cea mai simplă a unui contact de strictiune este atingerea a două suprafețe plane a unor corpuri omogene și izotrope pe o suprafață foarte mică. Considerând suprafața de contact reală egală cu un cerc, suprafețele echipotențiale în piesele de contact masive sunt elipsoizi, iar liniile de curent se află pe hiperboloizi (fig. 1).

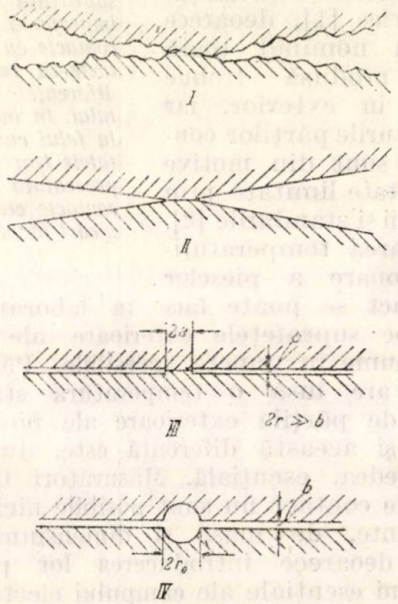


Fig. 1. Schematizarea contactului punctiform (în secțiune)
I — Atingerea reală probabilă; *II* — Suprafețe plane de contact; *III* — Suprafața circulară de contact; *IV* — Sferă echivalentă de contact.

La o suprafață microscopică de contact $s = \pi a^2$, corespunde o rezistență de strictiune pentru o piesă de contact dintr'un metal cu rezistivitate ρ, de:

$$R = \frac{\rho}{4a} \tag{1.1}$$

pentru două piese în contact în total $R = \rho/2a$. Dacă există m asemenea suprafețe practic punctiforme în paralel, avem rezistența totală de strictiune:

$$R = \rho/2\, ma. \tag{1.2}$$

In cazul când contactul punctiform apare între două corpuri cu rezistivități diferite ρ_1 ori ρ_2, rezistența totală va fi

$$R = \frac{\rho_1}{4a_1} + \frac{\rho_2}{4a_2}. \tag{1.3}$$

Spre simplificare se consideră că în contactul punctiform suprafețele echipotențiale sunt sfere,

iar liniile de curent drepte (fig. 2). In acest caz rezistența unei semisfere de grosimea dr este :

$$dR = \frac{\varrho\, dr}{2\pi r^2}$$

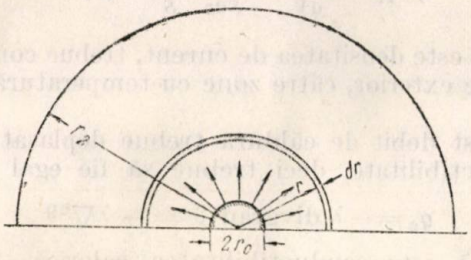


Fig. 2. Secțiune schematică prin contactul punctiform sau liniform.

și prin integrare între r_0 și ∞ se obține rezistența de strictiune

$$R = \int_{r_0}^{\infty} \frac{\varrho\, dr}{2\pi r} = \frac{\varrho}{2\pi r_0}. \qquad (1.4)$$

Pentru întregul contact (ambele piese) rezultă :

$$R = \frac{\varrho}{\pi r_0}.$$

Spre a avea aceiași rezistență R ca mai sus, raza echivalentă a semisferei trebue să fie

$$r_0 = \frac{2a}{\pi}. \qquad (1.5)$$

La contacte practic punctiforme cu ajutorul formulelor (1.1) — (1.5) se poate calcula raza a sau r_0 măsurând rezistența R între extremitățile pieselor de contact.

Rezistența la scurgerea căldurii pe care o opune corpul contactului se deduce după aceleași reguli ca și rezistența de strictiune, deci în cazul contactului semisferic avem :

$$W = \frac{1}{2\pi a \lambda}, \qquad (1.6)$$

unde λ este conductibilitatea calorică. Rezistența calorică se deduce din cea electrică cu ajutorul formulei :

$$W = \frac{1}{2} \frac{R}{\varrho\lambda}. \qquad (1.7)$$

Fluxul de căldură este dat în fiecare punct și în întreg corpul de contact de legea lui Lenz-Joule. Inmulțind fluxul cu rezistența termică și integrând asupra întregului semispațiu se obține următoarea expresie pentru temperatura staționară, în suprafața de contact :

$$\theta = \frac{U^2}{8\varrho\lambda}. \qquad (1.8)$$

Temperatura maximă depinde deci numai de căderea de tensiune în contact și e independentă de datele geometrice (forma contactului). Aci s'a presupus că rezistența electrică și conductibilitatea termică nu depind de temperatură. Când este necesar a se ține seama de această dependență, calculele devin mai complicate.

1.3 *Contactul liniform* între două piese masive de contact este echivalent din punct de vedere geometric, electric și caloric cu două corpuri semiinfinite plane care se ating numai dealungul unei linii infinite. Câmpul potențialului electric și caloric coincide și are simetrie axială, liniile de curent fiind în planuri perpendiculare pe linia de atingere, raze, iar liniile echipotențiale cercuri concentrice (fig. 2).

Rezistența unei pături semicilindrice de rază r și grosime dr, întâlnite de curentul care trece dela o piesă de contact la alta este :

$$dR = \frac{\varrho\, dr}{\pi r l} \qquad (1.9)$$

unde : l = lungimea păturei în sens axial.

Din relația (1.9) se vede imediat că în $r = 0$ rezistența devine infinită. Pentru a avea o rezistență finită se impune a considera că atingerea se face pe o suprafață cilindrică microscopică de rază r_0. Rezistența de dispersiune a unui cilindru de rază r_2 este în aceste condiții în material omogen :

$$R = \frac{\varrho}{\pi l} \int_{r_0}^{r_2} \frac{dr}{r} = \frac{\varrho}{\pi l} \ln \frac{r_2}{r_0}. \qquad (1.10)$$

Această rezistență se poate măsura ușor și din ea se poate deduce valoarea r_0, celelalte mărimi fiind cunoscute.

1.4 *Rezistența peliculară.* Suprafețele metalice în aer se acoperă cu un strat molecular de gaze, apoi cu straturi mai groase de oxizi și alte corpuri străine. La o apăsare cu o forță suficient de mare aceste straturi se deformează elastic și plastic, se deplasează și crusta superficială se sparge, dând loc la o atingere metalică. In caz contrar, la rezistența de strictiune se mai adaugă rezistența „peliculară" a stratului de corpuri străine. Această rezistență se poate calcula cu ajutorul formulei :

$$R_p = \frac{\varrho_2 y}{\pi a^2} \qquad (1.11)$$

in care ϱ_2 = rezistivitatea păturii străine,
y = grosimea peliculei.

Deoarece aceste mărimi sunt greu de măsurat se pune $\psi = \varrho_2 y$. Din experiențe executate rezultă pentru ψ valori de ordinul $5.10^{-9}\ \Omega\ cm^2$ la contacte de Cu în ambianță normală.

Cu timpul pe Cu se formează o pătură de Cu_2O a cărei grosime crește, după observații, în funcție de temperatura staționară în contact după formula :

$$y = 30\, e^{0{,}013\vartheta} \sqrt{t} + 30 \quad \text{Å} \qquad (1.12)$$

unde timpul t se introduce în ore. Stratul de Cu_2O având o conductibilitate mult redusă contactele de Cu nu sunt recomandabile la

tensiuni și presiuni joase (aparate de măsură și de telecomunicații).

Pe suprafețe de Al se formează în scurt timp o pătură subțire ($y = 20 \div 25$ Å) de Al_2O_3 rău conducător care nu mai crește în continuare decât puțin, dând astfel însă, la presiuni nu prea mici, contacte relativ bune, în schimb se extinde considerabil la contactul cu un alt metal de exemplu Cu.

Argintul e cel mai bun metal pentru contacte deoarece oxidul său este bun conducător, se formează numai în pături foarte subțiri și se disociază la temperaturi ce întrec 100°C.

1.5 *Variația cu temperatura a parametrilor.* Rezistența de contact datorindu-se numai strictiunii liniilor de curent (existenței suprafeței de contact microscopice) rezultă că rezistivitatea în regiunea de contact este aceea a materialului respectiv. Aceasta este însă în funcție de temperatură, care în forma cea mai simplă (corectă numai la diferențe de temperaturi mici) se exprimă linear prin

$$\rho_\vartheta = \rho_0 (1 + \alpha\vartheta) \qquad \begin{matrix} \text{la metale } \alpha > 0 \\ \text{la cărbune } \alpha < 0. \end{matrix}$$

Pentru temperaturi mari α este însăși funcție de temperatură și variația nu mai e lineară. Cum temperatura contactului este destul de mare față de cea a conductorului, iar măsurarea ei este imposibilă chiar cu termoelemente, fiind vorba de valori în puncte izolate (suprafețe microscopice), numai calculul ne poate da variația temperaturii în funcție de cea a rezistivității.

După calculele lui Holm [5[această variație se face în cazul contactelor, cu un coeficient α' egal cu $\frac{2}{3}$ din coeficientul α al metalului adică în contacte

$$\frac{R}{R_0} = 1 + \frac{2}{3}\alpha\vartheta \,. \qquad (1.13)$$

De această relație trebue să se țină seama în toate cazurile când se ia în considerare variația rezistenței de dispersiune cu temperatura.

2. ÎNCĂLZIREA CONTACTELOR PUNCTIFORME

2.1. *Punerea în ecuație pentru contacte de dispersiune.*

Ținând seama de cele de mai sus, calculul încălzirei contactelor punctiforme se poate ataca plecând dela schema simplificată IV din fig. 1.

Ecuația diferențială a câmpului de temperatură staționar se deduce din legea energiei, punând debitul de căldură produs de curent în fiecare element de volum egal cu debitul de căldură care se deplasează prin conductibilitate în elementele de volum apropiate.

După cum rezultă din fig. 2 secțiunea de metal semisferică prin care trece curentul variază cu raza r după formula $S = 2\pi r^2$. Elementul de volum dV considerat fiind o calotă semisferică de grosime uniformă dr rezultă $dV = 2\pi r^2 dr$.

Căldura produsă prin efect Joule-Lenz în fiecare element de volum dV:

$$q_1 = \frac{I^2 dR}{dV} = \frac{I^2}{Sdr}\frac{\rho dr}{S} = j^2\rho$$

unde j este densitatea de curent, trebue condusă în spre exterior, către zone cu temperatură mai joasă.

Acest debit de căldură trebue deplasat prin conductibilitate, deci trebue să fie egal cu

$$q_2 = -\lambda \operatorname{divgrad}\vartheta = -\lambda\nabla^2\vartheta$$

unde λ este conductibilitatea calorică.
In cazul sferic Laplacianul fiind

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial}{\partial r}$$

rezultă ecuația diferențială

$$\lambda\left(\frac{d^2\vartheta}{dr^2} + \frac{2}{r}\frac{d\vartheta}{dr}\right) + \frac{I^2\rho}{4\pi^2 r^4} = 0. \qquad (2.1)$$

Una din condițiile la frontieră corespunzătoare cazului (2.1) se obține practic din observația fundamentală, caracteristică pentru contacte de dispersiune, că prin pătura de contact r_0 nu trece nici un flux de căldură, contactul fiind perfect simetric, iar sursele nefiind în această pătură. Rezultă:

$$-\lambda \operatorname{grad}\vartheta = 0 \quad \text{la} \quad r = r_0 \qquad (2.2)$$

A doua condiție este ca temperatura să rămână zero la infinit, deci:

$$\vartheta = 0 \quad \text{la} \quad r = \infty. \qquad (2.3)$$

2.2. *Parametri independenți de temperatură.*

Ecuația (2.1) se poate simplifica și transforma eliminând, în concordanță cu teoria similitudinei, dimensiunile, dacă se fac următoarele substituții:

$$x = \frac{r}{r_0}, \qquad \vartheta_0 = \frac{j_0^2 r_0^2 \rho}{2\lambda}, \qquad u = x\frac{\vartheta}{\vartheta_0} \qquad (2.4)$$

In expresia temperaturii de referință ϑ_0 mărimea j_0 înseamnă densitatea de curent în pătura r_0. Aceasta se poate calcula imediat din relația $j_0 = I/2\pi r_0^2$ în funcție de curentul total I și raza r_0, care se obține din relația (1.4) în funcție de rezistența R.

Rezultă pentru noua funcție de câmp u ecuația diferențială adimensională

$$\frac{d^2u}{dx^2} + \frac{2}{x^3} = 0 \qquad (2.5)$$

care față de (2.1) nu mai conține termenul sferic, cu condițiile la frontieră:

$$\frac{du}{dx} = u \quad \text{la} \quad x = 1 \qquad (2.6)$$

$$u = 0 \quad \text{la} \quad x = \infty \qquad (2.7)$$

corespunzând respectiv condițiilor (2.2) și (2.3).

Integrarea se face imediat prin două cuadraturi, rezultând soluția :

$$u = \frac{2x-1}{x} = 2 - \frac{1}{x} \qquad (2.8)$$

care verifică atât ecuația (2.5) cât și condițiile (2.6) și (2.7), deoarece $u' = 1/x^2$ și $u'' = -2/x^3$.

Făcând substituțiile (2.4) în sens invers se obține :

$$\frac{\vartheta}{\vartheta_0} = \frac{2x-1}{x^2}. \qquad (2.9)$$

Temperatura maximă apare, în concordanță cu modelul fizic, în pătura $x = 1$ sau $r = r_0$ și este finită pentru intensități finite, indiferent de durata încălzirii. Valoarea ei este egală tocmai cu temperatura de referință ϑ_0 din relația (2.4).

Funcția din termenul al doilea (2.9) dă legea de repartizare a temperaturilor staționare în

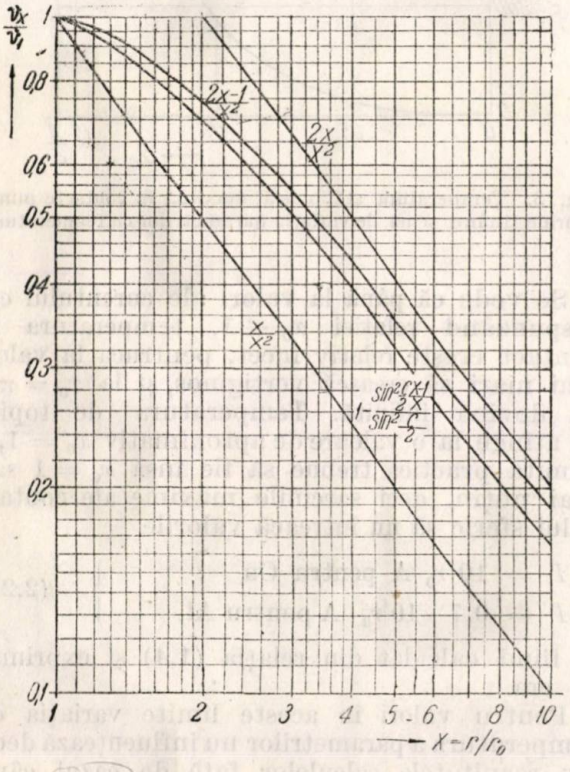
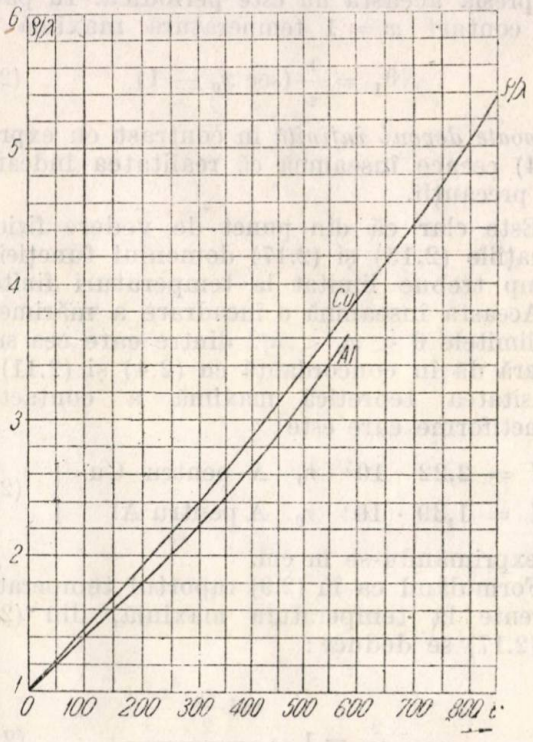


Fig. 3. Distribuția temperaturii staționare în contactul sferic.

contactul sferic. Ea este reprezentată grafic în fig. 3. Pentru valori $x > 5$ această funcție se apropie asimptotic de valoarea $2/x = 2r_0/r$.

2.3. *Parametrii dependenți de temperatură.* După cum reiese din relația a doua (2.4) și din (2.9) temperatura staționară depinde de raportul parametrilor, iar acesta variază pentru Cu și Al după curbele din fig. 4 în raport cu valoarea la 0°C. Deci formula (2.9) este valabilă numai pentru supratemperaturi limitate. O primă aproximație se poate obține dacă în expresiile (2.4) și (2.9) ale temperaturii se introduce pentru ρ/λ valoarea reală stabilită cu ajutorul curbelor din fig. 4. O aproximație mai bună, indicând modificările repartizării, se



4. Variația conductibilității termice și electrice cu temperatura la Cu și Al.

deduce prin calcul analitic, care, după oarecari dificultăți, reușește.

Considerând funcția de temperatură lineară :

$$\frac{\rho}{\lambda} = \frac{\rho_0}{\lambda_0}(1 + \varepsilon\vartheta) \qquad (2.10)$$

și introducând o nouă funcție de câmp $v = x(1+\varepsilon\vartheta)$, rezultă în loc de (2.5) ecuația diferențială

$$\frac{d^2v}{dx^2} + x_0^2 \frac{v}{x^4} = 0 \qquad (2.11)$$

unde $x_0^2 = 2\varepsilon\vartheta_0$ este o constantă. Condițiile la frontiere devin :

$$\frac{dv}{dx} = v \quad \text{la} \quad x = 1 \qquad (2.12)$$

$$\frac{v}{x} = 1 \quad \text{la} \quad x = \infty. \qquad (2.13)$$

Această problemă a fost rezolvată de autor [6]. Funcțiile :

$$v_1 = x\cos\frac{x_0}{x}, \quad v_2 = x\sin\frac{x_0}{x} \qquad (2.14)$$

sunt integrale particulare ale ecuației diferențiale (2.11). Soluția care satisface și condițiile la frontieră (2.12 și 2.13) este

$$v = x\cos\frac{x_0}{x} + x\,\mathrm{tg}\,x_0\sin\frac{x_0}{x}, \qquad (2.15)$$

iar câmpul de temperatură devine

$$\vartheta = \frac{1}{\varepsilon}\left(\cos\frac{x_0}{x} + \operatorname{tg} x_0 \cdot \sin\frac{x_0}{x} - 1\right). \qquad (2.16)$$

Expresia aceasta nu este periodică. In pătura de contact $x = 1$ temperatura maximă este

$$\vartheta_1 = \frac{1}{\varepsilon}(\sec x_0 - 1) \qquad (2.17)$$

și *poate deveni infinită* în contrast cu expresia (2.4) ceeace înseamnă că realitatea îndeamnă la precauții.

Este clar că din punct de vedere fizic în ecuațiile (2.15) și (2.17) domeniul funcției de câmp trebue limitat la temperaturi finite.

Aceasta înseamnă o încadrare a mărimei x_0 în limitele $0 < x_0 < \pi/2$ dintre care cea superioară dă în concordanță cu (2.4) și (2.11) intensitatea teoretică maximă a contactelor punctiforme care este

$$\left.\begin{aligned} I &= 2{,}22 \cdot 10^5 \cdot r_0 \quad \text{A pentru Cu} \\ I &= 1{,}39 \cdot 10^5 \cdot r_0 \quad \text{A pentru Al} \end{aligned}\right\} \qquad (2.18)$$

r_0 exprimându-se în cm.

Formulând ca în (2.9) raportul temperaturii curente la temperatura maximă, din (2,16) și (2.17) se deduce:

$$\frac{\vartheta}{\vartheta_0} = 1 - \frac{\sin^2\frac{x_0}{2}\,\frac{x-1}{x}}{\sin^2\frac{x_0}{2}}. \qquad (2.19)$$

In acest caz x_0 apare ca un nou parametru depinzând de ε, deci de variația conductibilității termice și electrice cu temperatura.

Pentru a lămuri comportarea funcției (2.19) este suficient a se examina derivata ei în funcție de x anume

$$\frac{d}{dx}\frac{\vartheta}{\vartheta_0} = -\frac{x_0}{2x^2}\,\frac{\sin x_0\,\frac{x-1}{x}}{\sin^2\frac{x_0}{2}}. \qquad (2.20)$$

în care argumentul din numărător este încadrat de limitele

$$0 < x_0 \cdot \frac{x-1}{x} < \frac{\pi}{2}$$

In aceste limite derivata este continuă, aperiodică și negativă, anulându-se numai pentru valoarea $x = 1$.

Repartizarea de temperatură față de relația (2.18) este deci și ea aperiodică, descrescătoare, având un maxim la $x = 1$, ceeace este evident din punct de vedere fizic.

Mărimea x_0 proporțională cu intensitatea curentului influențează neesențial funcția de repartizare, în sensul că la valori x_0 crescătoare temperaturile păturei de contact cresc dar cele din masa contactului scad. Repartizarea s'a reprezentat în fig. 3 pentru o valoare relativ mare a parametrului x_0 anume $x_0 = 1{,}4$, permițându-se o comparare cu rezultatele calculului fără variație a parametrilor cu temperatura.

Temperatura păturei de contact este dată de relația (2.17) care s'a reprezentat grafic în fig. 5 în funcție de parametrul x_0 proporțional cu curentul.

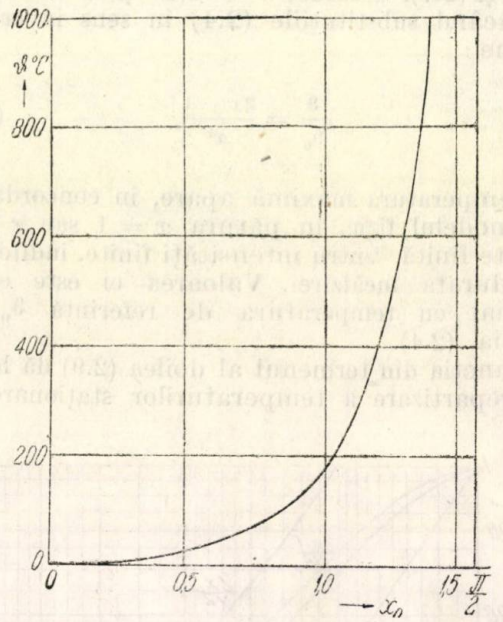


Fig. 5. Temperatura staționară maximă în contacte punctiforme ținând sema de variația parametrilor cu temperatura.

Se vede că până la valori ale curentului corespunzând relației $x_0 < 1$, temperatura în contact crește relativ încet, pentruca la valori mai mari să crească vertiginos, și la $x_0 = \pi/2$ să devină infinită. Temperatura de topire se atinge la o valoare de aproximativ $x_0 = 1{,}4$. Limita practică trebue să fie însă $x_0 = 1$ sau mai puțin, deci sarcinile maxime ale contactului sferic să nu întreacă valorile

$$\left.\begin{aligned} I &= 10^5 r_0 \text{ A pentru Cu} \\ I &= 0{,}7 \cdot 10^5 r_0 \text{ A pentru Al,} \end{aligned}\right\} \qquad (2.21)$$

r_0 fiind calculat din relația (1.4) și exprimat în cm.

Pentru valori în aceste limite variația cu temperatura a parametrilor nu influențează decisiv rezultatele calculelor față de cazul când această variație s'a neglijat.

Dealtfel din aceste concluzii reiese dece nu s'au constatat în pătura de contact temperaturi mari, care să ducă la sudare, decât în foarte rare cazuri și anume atunci când a lipsit o presiune suficientă pe piesele de contact. Anume, dacă sarcina de curent este în limitele $0 < x < 1$, temperatura nu crește decât puțin. Peste valoarea ce corespunde la $x_0 = 1$ temperatura crește rapid, materialul se moaie în jurul punctelor de contact, suprafața de atingere (r_0) crește, iar rezistența și prin aceasta temperatura scade. Există deci o autoreglare a temperaturilor în pătura de contact.

2.4. *Încălzirea contactelor punctiforme de trecere.*

Calculul încălzirei contactelor impure având o pătură subțire de mare rezistență electrică se conduce după principii cu totul diferite. Sursa de curent se localizează în suprafața de atingere iar masa contactului se presupune lipsită de surse de căldură. Câmpul de temperatură satisface ecuația lui Laplace:

$$\nabla^2 \vartheta \equiv \frac{d^2\vartheta}{dr^2} + \frac{2}{r}\frac{d\vartheta}{dr} = 0. \qquad (2.22)$$

Condiția (2.3) se menține, dar (2.2) se înlocuiește cu:

$$-\frac{d\vartheta}{dr} = \frac{I^2 R_p}{4\pi r^2} \quad \text{la} \quad r = r_0, \qquad (2.23)$$

în care s'a ținut seama de faptul că din puterea sarcinei $I^2 R_p$ în semispațiul considerat se propagă numai jumătate. Introducând din nou substituțiile

$$x = \frac{r}{r_0}, \qquad u = x\vartheta \qquad (2.24)$$

rezultă ecuația și condițiile

$$\frac{d^2u}{dx^2} = 0 \qquad (2.25)$$

$$\frac{du}{dx} - u = -\frac{I^2 R_p}{2\pi\lambda r_0} \quad \text{la} \quad x = 1 \qquad (2.26)$$

$$\frac{u}{x} = 0 \quad \text{la } x = \infty. \qquad (2.27)$$

Rezultă imediat soluția

$$u = \frac{I^2 R_p}{4\pi\lambda r_0}. \qquad (2.29)$$

Câmpul de temperatură devine:

$$\vartheta = \frac{I^2 R_p}{4\pi\lambda r_0} \cdot \frac{1}{x} = \frac{\vartheta_1}{x}. \qquad (2.30)$$

In fig. 3 s'a introdus, spre comparare și funcția de repartizare nouă:

$$\frac{\vartheta}{\vartheta_1} = \frac{1}{x} \qquad (2.31)$$

care diferă fundamental de cele găsite în cazul contactelor de dispersiune.

Comparația valorilor maxime ale temperaturilor în pătura de contact se poate face la intensități egale și la rezistențe egale. Rezistența peliculară R_p este considerată în formule ca rezistența ambelor semispații infinite, pe când rezistența de dispersiune numai a uneia (a unei singure piese de contact).

Extinzând formula (2.4) la ambele semispații, rezultă în pătura de contact aceeași temperatură maximă, dacă rezistențele sunt egale în ambele cazuri. In schimb însă, câmpul de temperatură este cu totul diferit după cum se vede din fig. 3.

Practic ar trebui să se calculeze cu ambele câmpuri suprapuse în toate cazurile când contactele sunt oxidate și nu se pot considera pur metalice. Suprapunerea este posibilă deoarece ecuațiile fundamentale sunt lineare. Dificultăți intervin însă în stabilirea rezistenței peliculare, a cărei măsurare nu este posibilă decât cu metode de laborator complicate. Pentru contactele din aparatele de curenți tari se poate calcula în mod obișnuit numai cu rezistența de dispersiune.

3. ÎNCĂLZIREA CONTACTELOR LINIFORME

3.1. *Punerea în ecuație pentru contacte de dispersiune cu parametri constanți.*

In secțiune contactul liniform sau cilindric se prezintă la fel ca cel sferic, deci ca în fig. 2 cu diferența că extinderea în adâncime este cilindrică.

Densitatea de curent se exprimă prin relația:

$$j = \frac{I}{\pi r l} = \frac{I_1}{\pi r} \qquad (3.1)$$

unde I este curentul total în A și I_1 curentul pe unitatea de lungime a sistemului cilindric în A/cm.

Din (3.1) rezultă că mărimea:

$$\theta = \frac{I_1^2}{\pi^2}\frac{\rho}{\lambda} \qquad (3.2)$$

este o temperatură care se poate utiliza spre a face ecuația diferențială de dimensiune nulă.

Cu notațiile:

$$u = \frac{\vartheta}{\theta}, \qquad x = \frac{r}{r_0} \qquad (3.3)$$

ea devine:

$$\nabla^2 u + \frac{1}{x^2} = 0. \qquad (3.4)$$

Laplacianul de simetrie cilindrică fiind:

$$\nabla^2 = x\frac{d}{dx}\left(x\frac{d}{dx}\right) \qquad (3.5)$$

rezultă:

$$\frac{d}{dx}\left(x\frac{du}{dx}\right) + \frac{1}{x} = 0 \qquad (3.6)$$

O primă integrare dă imediat:

$$x\frac{du}{dx} + \ln x + C_1 = 0 \qquad (3.7)$$

Constanta se poate stabili din condiția ca prin suprafața r_0 să nu treacă nici un flux de căldură (condiția esențială a contactelor de dispersiune).

$$\frac{du}{dx} = 0 \quad \text{la} \quad x = 1 \qquad (3.8)$$

din care rezultă $C_1 = 0$ în (3.7).

O nouă integrare a ecuației (3.7) împărțită cu x dă

$$u + \frac{1}{2}\ln^2 x + C_2 = 0 \qquad (3.9)$$

Constanta se poate calcula din condiția la limită pe suprafața exterioară a contactului, care nu se poate considera la infinit ca în cazul sferic. Intr'adevăr potențialul liniei infinită generatoare nu se poate anula pe o sferă infinită, deoarece o întretae în două puncte, nici măcar pe un cilindru concentric de rază infinită, așa cum se vede imediat din (3.9) deoarece aceasta ar cere $C_2 = -\infty$.

In consecință va trebui să considerăm un cilindru de rază exterioară r_2 limitată. Vom formula condiția de frontieră în două alternative caracteristice din punct de vedere practic:

a) Răcire perfectă:

$$\text{la} \quad x = x_2, \quad u = 0 \tag{3.10}$$

Rezultă imediat $C_2 = -\frac{1}{2}\ln^2 x_2$ deci soluția problemei este:

$$u = \frac{1}{2}(\ln^2 x_2 - \ln^2 x) \tag{3.11}$$

Tempertaura θ se realizează când $u = 1$, deci la nivelul

$$x = e\sqrt{2 - \ln^2 x_2} \tag{3.12}$$

In pătura de contact $x = 1$, temperatura numerică:

$$u_1 = \frac{1}{2}\ln^2 x_2 \tag{3.13}$$

depinde numai de grosimea cilindrului.

Câmpul de temperatură numerică este dat de expresia:

$$\frac{u}{u_1} = 1 - \left(\frac{\ln x}{\ln x_2}\right)^2 \tag{3.14}$$

care s'a reprezentat în fig. 6 pentru valorile $x_2 = 10, 100$ și 1000.

b) *Răcire imperfectă*, proporțională cu temperatura:

$$-\lambda\frac{du}{dx} = r_0\eta u \quad \text{la} \quad x = x_2 \tag{3.15}$$

unde:

η = coeficientul de cedare a căldurii în W/cm²°C.

Constanta din ecuația (3.9) devine:

$$C_2 = -\frac{\lambda}{r_0\eta_i x_2}\ln x_2 - \frac{1}{2}\ln^2 x_2 \tag{3.16}$$

și cu notația $\frac{\lambda}{r_0\eta_i x_2} = g$, o cifră care caracterizează schimbul de căldură pe suprafața exterioară, soluția se scrie:

$$u = \frac{1}{2}(\ln^2 x_2 - \ln^2 x) + g\ln x_2 \tag{3.17}$$

In pătura de contact $x = 1$ avem

$$u_1 = \frac{1}{2}\ln^2 x_2 + g\ln x_2$$

și

$$\frac{u}{u_1} = 1 - \frac{\ln^2 x}{\ln x_2(\ln x_2 + 2g)} \tag{3.18}$$

o expresie a cărei relații cu (3.14) sunt evidente.

Temperatura rămâne, din cauza răcirii imperfecte, în tot câmpul superioară cazului cu răcire perfectă.

Temperatura și gradientul ei:

$$\frac{u'}{u_1} = -\frac{1}{x}\frac{\ln x}{\ln x_2(\ln x_2 + 2g)} \tag{3.19}$$

au pe suprafața exterioară valorile:

$$\frac{u_2}{u_1} = 1 - \frac{\ln x_2}{\ln x_2 + 2g}, \quad \frac{u_2'}{u_1} = -\frac{1}{x_2(\ln x_2 + 2g)} \tag{3.20}$$

In fig. 6 s'au introdus curbele integrale pentru o valoare $g = 50/x_2$.

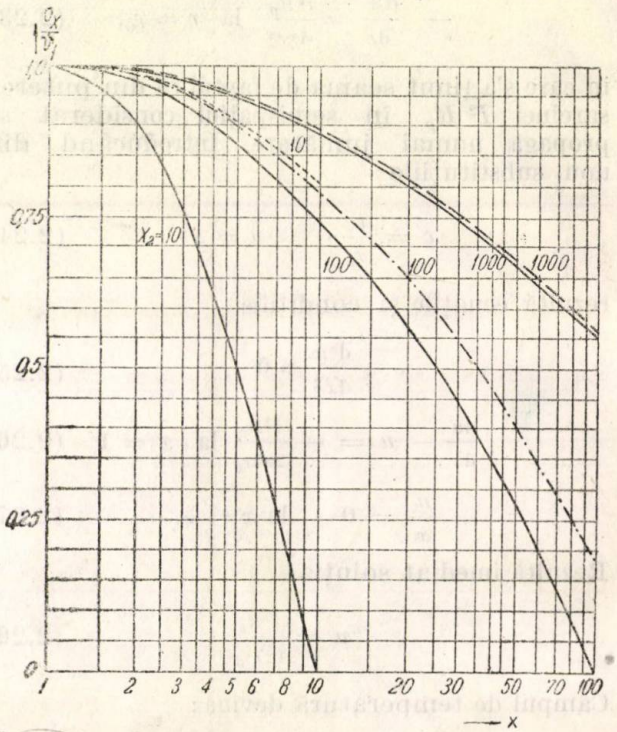


Fig. 6. Distribuția staționară de temperatură în contacte liniforme cu parametri constanți:
linii pline: răcire perfectă; linii întrerupte: răcire imperfectă $gx_2 = 50$.

3.2. *Incălzirea contactelor liniiforme de dispersiune cu parametri variabili.*

In ecuația diferențială (3.4) funcția de câmp $u = \vartheta/\theta$ nu este riguros proporțională cu temperatura, din cauză că în (3.2) ρ și λ variază, anume ρ crește, iar λ descrește cu temperatura la majoritatea metalelor conductoare.

Din punct de vedere tehnic ar fi suficient a se calcula cu valorile medii ale mărimei ρ/λ în intervalul de temperatură considerat, totuși această variație poate să fie importantă pentru temperaturile ce le iau păturile de contact. De aceea este indicat a se deduce soluții teoretic juste, pentru cazul când θ variază cu temperatura, după o expresie liniară:

$$\theta = \theta_0(1 + \varepsilon\vartheta). \tag{3.21}$$

Este de observat că variația rezistivității, deci a rezistenței contactului, nu poate modi-

fica intensitatea curentului, din cauză că acesta este dat, la o tensiune constantă, de impedanțele mult mai mari din circuit în raport cu rezistența de contact.

Cu notațiile:

$$u = \frac{\vartheta}{\vartheta_1}, \quad x = \frac{r}{r_0}, \quad \varepsilon\vartheta = k^2 \qquad (3.22)$$

ecuația diferențială (3,6) devine:

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x}\left(x\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}x}\right) + \frac{1}{x}(1 + k^2u) = 0$$

care nu este de tip Bessel, ci unidimensională, deoarece se poate scrie:

$$x^2\frac{\mathrm{d}^2u}{\mathrm{d}x^2} + x\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}x} + k^2u + 1 = 0. \qquad (3.23)$$

Se caută întâi soluția generală a ecuației omogene.

Soluția particulară $u_1 = x^m$ duce la ecuația caracteristică:

$$m(m-1) + m + k^2 = 0$$

de unde $m = \pm \mathrm{i}\,k$.

Soluția generală a ecuației omogene are deci forma:

$$u = Ax^{\mathrm{i}k} + Bx^{-\mathrm{i}k}$$

iar cea a ecuației (3.22) este evident:

$$u = A\,(x^{\mathrm{i}k} + x^{-\mathrm{i}k}) - \frac{1}{k^2}, \qquad (3.24)$$

din cauza condiției (3.8) fiind $B = A$.

Considerăm din nou două alternative de răcire pe suprafața exterioară:

a) *În răcire perfectă*, condiția (3.10) dă

$$A = \frac{1}{k^2}\,\frac{1}{x_2^{\mathrm{i}k} + x^{-\mathrm{i}k}}$$

Astfel soluția ecuației (3.23) care îndeplinește aceste condiții de frontieră este:

$$u = \frac{1}{k^2}\left(\frac{x^{\mathrm{i}k} + x^{-\mathrm{i}k}}{x_2^{\mathrm{i}k} + x_2^{-\mathrm{i}k}} - 1\right). \qquad (3.25)$$

Sub această formă rezultatul nu permite un calcul numeric ușor. Utilizând identitatea:

$$x^{\mathrm{i}k} \equiv e^{\mathrm{i}k\ln x}$$

soluția (3.25) se scrie:

$$u = \frac{1}{k^2}\left\{\frac{\cos(k\ln x)}{\cos(k\ln x_2)} - 1\right\} \qquad (3.26)$$

având în $x = 1$ valoarea:

$$u_1 = \frac{1}{k^2}\left\{\sec(k\ln x_2) - 1\right\}$$

Derivata sau gradientul este în tot intervalul:

$$\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}x} = -\frac{1}{kx}\,\frac{\sin(k\ln x)}{\cos(k\ln x_2)},$$

iar în $x = x_2$

$$\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}x} = -\frac{1}{kx_2}\operatorname{tg}(k\ln x_2).$$

În analogie cu relația (3.14) rezultă aci:

$$\frac{u}{u_1} = 1 - \frac{1-\cos(k\ln x)}{1-\cos(k\ln x_2)} = 1 - \frac{\sin^2\left(\frac{1}{2}k\ln x\right)}{\sin^2\left(\frac{1}{2}k\ln x_2\right)} \qquad (3.27)$$

Spre a nu anula numitorul, trebue să avem:

$$k\ln x_2 = \frac{I_1}{\pi}\sqrt{\frac{\varepsilon\rho}{\lambda}}\cdot\ln x_2 < 2\pi. \qquad (3.28)$$

Pentru argumente $\frac{1}{2}k\ln x_2 < 0,3$, cu o eroare mai mică de 1,5%, $\sin\varphi \to \varphi$, deci formula (3.27) se reduce la (3.14). Ori condiția de sus este îndeplinită practic pentru intensități: $I_1 = 1\,000$ A/cm și valori de $\ln x_2 < 40$.

b) *La răcire imperfectă* avem condiția (3.15) care se aplică soluției generale (3.24). Constanta de integrare devine:

$$A = \frac{1}{k^2}\,\frac{1}{\cos(k\ln x_2) - gk\sin(k\ln x_2)},$$

iar soluția în loc de (3.26)

$$u = \frac{1}{k^2}\left\{\frac{\cos(k\ln x)}{\cos(k\ln x_2) - gk\sin(k\ln x_2)} - 1\right\} \qquad (3.29)$$

și în loc de (3.27)

$$\frac{u}{u_1} = 1 - \frac{1-\cos(k\ln x)}{1-\cos(k\ln x_2) + gk\sin(k\ln x_2)}. \qquad (3.30)$$

Analogia cu relația între soluțiile corespunzătoare (3.14) și (3.18) a cazului cu parametri constanți este evidentă.

Expresia (3.30) cere drept condiție de răcire $gk < 1$.

Valorile parametrilor de material se dau la sfârșitul lucrării.

Relația (3.30) se mai poate scrie:

$$\frac{u}{u_1} = 1 - \frac{\sin^2\left(\frac{1}{2}k\ln x\right)}{\sin^2\left(\frac{1}{2}k\ln x_2\right) + gk\sin(k\ln x_2)}.$$

Practic condiția $\frac{1}{2}k\ln x_2 < 0,3$ fiind îndeplinită, expresia de mai sus se reduce la (3.18).

3.3. *Încălzirea contactelor liniforme de trecere.* În contacte impure rezistența este concentrată în pătura de contact, cea a maselor metalice putând a fi neglijată față de ea. Rezistența de trecere pe unitatea de lungime fiind R_1, pe linia de contact se disipă puterea unitară $P_1 = I^2R_1$ de fiecare unitate de lungime.

Neglijând sursele din masa pieselor de contact ($\varrho = 0$) se caută soluția ecuației lui Laplace:

$$\nabla^2\vartheta = 0 \qquad (3.31)$$

condiția de frontieră în pătura de contact fiind dată de fluxul de căldură care intră într'unul dintre contacte prin suprafața microscopică $\pi r_0 l$ și care este:

$$\frac{1}{2}P_1 = -\pi r_0 l\frac{\mathrm{d}\vartheta}{\mathrm{d}x} \qquad (3.32)$$

Cu notațiile :

$$\theta_1 = \frac{I^2 R}{2\pi r_0 \lambda}, \qquad \frac{\vartheta}{\theta} = v, \qquad \frac{r}{r_0} = x$$

ecuația (3.31) devine :

$$\frac{1}{x}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x}\left(x\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}x}\right) = 0 \qquad (3.33)$$

iar prima condiție $v' + 1 = 0$ la $x = 1$.

O primă integrare dă cu această condiție :

$$x\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}x} + 1 = 0. \qquad (3.34)$$

Pentru condiția a doua formulăm iar cele două alternative :

a) *Răcire perfectă* : condiția (3.10) pentrucă stabilește constanta ca în integrala ecuației (3.34) :

$$v + \ln x + C_2 = 0$$

la valoarea $C_2 = -\ln \frac{x_2}{x}$.

Deci soluția este :

$$v = \ln \frac{x_2}{x}. \qquad (3.35)$$

In pătura de contact $v_1 = \ln x_2$, astfel că

$$\frac{v}{v_1} = 1 - \frac{\ln x_2}{\ln x}. \qquad (3.36)$$

b) *Răcire imperfectă.* Constanta de integrare C_2 devine în acest caz din cauza condiției (3.15) pentru $x = x_2$

$$C_2 = -g - \ln x_2$$

iar soluția :

$$v = \ln \frac{x_2}{x} + g \qquad (3.37)$$

In fine :

$$\frac{v}{v_1} = 1 - \frac{\ln x}{\ln x_2 + g}. \qquad (3.38)$$

O comparație a celor două maniere de a calcula încălzirea contactelor arată că rezultatele diferă principial. Chiar și temperaturile de referințe θ și θ_1 sunt structural diferite.

Temperaturile staționare absolute în pătura de contact sunt în alternativa a) :

$$u_1 = \frac{1}{2}\ln^2 x_2 \qquad v_1 = \ln x_2$$

deci în general diferite, egale numai când $x_2 = e^2$.

Sub această limită $u_1 < v_1$ iar peste ea $u_1 > v_1$.

In alternativa b) :

$$u_1 = \frac{1}{2}\ln x_2 (\ln x_2 + g), \qquad v_1 = \ln x_2 + g$$

este valabilă aceeași regulă.

4. CONSIDERAȚII PRACTICE

In cele de mai sus s'au dedus rezultatele unor calcule teoretice privind încălzirea staționară a contactelor. Nu trebue să se uite, că aceste calcule se referă la condiții idealizate și schematizate, care nu se regăsesc în practică decât cu oarecari aproximații.

Contactele se comportă ca și când rezistența ar fi numai de dispersiune cu atât mai mult, cu cât presiunile sunt mai mari, suprafețele de atingere mai mici și mai curate (de exemplu la Ag). In caz contrar și intervenind o uzură a contactelor, influența rezistenței de trecere se face din ce în ce mai simțită. Practic se va calcula mai mult cu schema contactului de dispersiune mai ales în aparate și mașini de curenți tari.

Temperaturile staționare ale contactelor fiind limitate prin standarde, încălzirea se măsoară prin experiențe de laborator. Standardul se referă la temperatura în punctul accesibil cel mai apropiat de suprafața de atingere. Materialul contactelor fiind în general foarte bun conductor de căldură, gradientul de temperatură este limitat în corpul metalului. Totuși măsurătoarea nu poate da temperatura maximă din contact. Aceasta se poate deduce indirect dintr'o măsurătoare a temperaturii cu termoelemente într'un punct situat în axa de simetrie a contactului la oarecare distanță, de exemplu 5—8 mm, de suprafața de atingere. Apoi se stabilesc parametrii contactului respectiv, și pe baza calculelor de mai sus, sau a curbelor de distribuție a temperaturii, se deduce temperatura maximă în pătura de atingere. Aceasta ne dă o indicație foarte precisă despre solicitarea termică a contactului. Verificarea experimentală a acestui procedeu este în curs.

Calculele practice se fac introducându-se în formulele teoretice parametrii de material corespunzători. In tabela 1 se dau câteva valori ale acestor parametrii ce se pot utiliza pentru calcule numerice.

Valori numerice ale parametrilor materialelor de contact *Tabela 1*

Nr. crt.	Mărime	Temperatura °C	Notație	Unitate	Materialul		
					Ag	Cu	Al
1	Rezistivitate	20	ρ	Ωcm	$1{,}408 \cdot 10^{-6}$	$1{,}755 \cdot 10^{-6}$	$2.840 \cdot 10^{-6}$
2	Rezistivitate	0	ρ_0	Ωcm	$1{,}288 \cdot 10^{-6}$	$1{,}626 \cdot 10^{-6}$	$2{,}610 \cdot 10^{-6}$
3	Coeficient de temperatură . . .	0—500	α_ϱ	1/°C	$0{,}410 \cdot 10^{-2}$	$0{,}455 \cdot 10^{-2}$	$0{,}466 \cdot 10^{-2}$
4	Conductibilitate termică	20	λ	W/cm°C	4,206	3,850	2,010
5	Conductibilitate termică	0	λ_0	W/cm°C	4,245	3,855	2,007
6	Coeficient de temperatură . . .	0—500	α_λ	1/°C	$-0{,}14 \cdot 10^{-3}$	$-0{,}96 \cdot 10^{-3}$	$+0{,}51 \cdot 10^{-3}$
7	Produsul rezistivității electrice și termice	0	$\frac{\rho}{\lambda}$	°C/A² cm²	$0{,}303 \cdot 10^{-6}$	$0{,}424 \cdot 10^{-6}$	$1{,}416 \cdot 10^{-6}$
8	Coeficient de temperatură . . .	0—500	ε	1/°C	$0{,}488 \cdot 10^{-2}$	$0{,}47 \cdot 10^{-2}$	$0{,}42 \cdot 10^{-2}$

Se poate spune că rezultatele teoretice au o valabilitate foarte generală. Cazuri practice numeroase se pot uşor calcula introducând valorile parametrilor corespunzători în formule.

Bibliografie

[1] *Builov A. I.*: Principiile construcţiei aparatelor electrice. Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad 1946.

[2] STAS *553—52*: Aparate de conectare şi protecţie contra supraintensităţilor.

[3] *Binder L.*: Rezistenţa contactelor E.U.M. 30 (1912) 781.

[4] *Holm R.*: Despre rezistenţa contactelor în special la contacte din cărbune. Z. techn. Phys. 3 (1922) 290.

[5] *Holm R.*: Fizica tehnică a contactelor electrice. Springer, Berlin 1942.

[6] *Avramescu A.*: Asupra încălzirei contactelor punctiforme la sarcini de curent constante. Arch. Elektrotechn. 33 (1939) 4, 261.

[7] *Zaimovschi A. S.* şi *Usov V. V.*: Metale şi aliaje electrotehnice. Gosenergoizdat Moscova-Leningrad 1949.

[8] *Babicov A. M.*: Aparate electrice. Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1951.

[9] *Builov A. I.*: Curenţi alternativi de înaltă tensiune. Gosenergoizdat Moscova-Leningrad 1936.

[10] *Afanasiev V. V.*: Construcţia întrerupătorilor de înaltă tensiune. Gosenergoizdat Moscova-Leningrad 1951.

★

РАССЧЕТ СТАЦИОНАРНОГО НАГРЕВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ

Резюме

Ны основании главных исследований физических явлений у контактов устанавливается что касание между контактами вообще чисто металлическое, а сопротивление контакта обуславливается стрикцией и рассеянием линий тока. Вследствии этого устанавливаюсся простые геометрические схемы для точечного (сферического) и линейного (цилиндрического) контакта и высчитываются соответствующие сопротивления — переходные и рассеяния. Потом рассчитывается нагрев сферических и цилиндрических контактов с учетом и без учета изменения параметров с температурой. Цилиндрические контакты будучи ограниченны, предполагается идеальное или неидеальное охлаждение их наружней поверхьности.

Рассчет производится в отдельности для контактов с сопротивлением рассеяния и переходным сопротивлением, указываясь разность результатов по схеме контакта.

В заключение даются указания относительно того как используются в практике теоретические выведенные результаты.

Представленные рассчеты выведенны автором; рассчеты цилиндрических контактов составили объект доклада в III-ем отделении Академии Р. Н. Р.

INTRODUCERE IN STUDIUL EXPERIMENTAL AL REZISTENTELOR DE CONTACT

Ing. S. MASTERO

Se tratează studiul experimental al contactelor electrice pe contacte de forme geometrice simple. Studiul celor două componente principale ale rezistenţei de contact, rezistenţa de stricţiune şi rezistenţa de trecere, se tratează separat. Rezistenţele de stricţiune sunt studiate în curent continuu de intensitate mică, urmărindu-se mai ales influenţa forţei de apăsare dintre contacte şi dându-se date pentru trasarea curbelor respective. In studiul rezistenţelor de trecere se cuprinde o discuţie sumară a calităţilor diferitelor materiale utilizate pentru contacte. Caracterul concluziilor trase din primele două capitole este mai mult calitativ. Insfârşit, se face o prezentare sumară a încercărilor în curs la Institutul de Energetică al Academiei R.P.R.

Cunoaşterea rezistenţelor de contact este necesară pentru calculul încălzirii aparatelor electrice; în consecinţă, rezistenţele de contact au fost mult studiate, atât teoretic cât şi experimental. Fenomenele dintr'un contact electric sunt însă atât de complexe încât din diferitele studii întreprinse, studii de cele mai diferite nivele şi care atacă cele mai diferite aspecte ale problemei contactelor, nu s'a închegat încă definitiv o teorie coherentă a rezistenţelor de contact.

Măsurătorile efectuate asupra rezistenţelor de contact se pot împărţi în două categorii mari :

a) măsurători efectuate asupra unor contacte de forme geometrice simple;

b) măsurători efectuate pe însăşi contactele aparatelor electrice, în condiţiile normale de funcţionare ale acestora.

Expunerea noastră se limitează la prima categorie de încercări şi în special la contactele nepermanente; pentru acestea există o literatură mai bogată şi ele sunt mai susceptibile de interpretări cu caracter general decât a doua categorie de încercări.

In general, rezistenţa a două piese metalice în contact este mai mare decât a unui conductor masiv de aceeaşi formă. Două cauze principale determină acest fapt : în primul rând, suprafaţa aparentă de contact sau suprafaţa macroscopică, nu este egală cu suprafaţa reală de contact, sau suprafaţa microscopică şi apoi suprafeţele care se ating pot fi acoperite cu un strat de oxid sau alt compus al metalului de bază. Aceste două efecte dau naştere la cele două componente ale rezistenţei de contact; rezistenţa de stricţiune, datorită înghesuirii liniilor de curent şi rezistenţa de trecere, datorită rezistivităţii oxizilor formaţi pe suprafeţele reale de contact.

Nu este întotdeauna posibil să se studieze separat contribuția adusă de aceste două componente la rezistența totală de contact. Astfel, vom găsi în prima parte a lucrării încercări care se referă la contacte de suprafață, oxidate sau unse, adică la contacte care comportă atât rezistențe de strictiune cât și rezistențe apreciabile de trecere.

I. REZISTENȚE DE STRICȚIUNE

După cum rezultă încă din primele încercări ale lui Binder, rezistența dintre două piese metalice cu suprafața curată este, cel puțin în primă aproximație, de natură pur metalică, contactul realizându-se prin atingerea unora dintre vârfuri care constitue de fapt o suprafață oricât de bine prelucrată. Rezistența de contact care este în cazul acesta numai o rezistență de strictiune, s'ar putea calcula dacă s'ar cunoaște numărul, suprafața și poziția exactă a suprafețelor reale de contact.

Lucrul acesta nu este posibil decât în cazul contactului punctiform, pentru care suprafața aparentă de contact este aproape egală cu cea reală. Aceste suprafețe de contact au fost calculate de diverși autori : H. Hertz și Bochmann au dat pentru suprafața de contact dintre două sfere sau dintre doi cilindri încrucișați relații de forma :

$$a = C_1 \sqrt[3]{\frac{PD_1 D_2}{D_1 + D_2}} \qquad (1)$$

în care s'a notat cu :

a — raza cercului echivalent cu suprafața de contact ;

D_1, D_2 — Diametrele celor două sfere sau celor doi cilindri ;

P — forța de apăsare asupra celor două piese în contact ;

C_1 — o constantă de material.

Pentru cilindri sau sfere de diametre egale, $D_1 = D_2 = D$, relația de mai sus este de forma :

$$a = C_2 \sqrt[3]{PD} \qquad (2)$$

în care C_2 este deasemenea o constantă de material.

Presiunea specifică pe suprafața de contact are expresia :

$$p = \frac{P}{F} = C_3 \sqrt[3]{\frac{P}{D^2}} \qquad (3)$$

în care am notat cu :

p — presiunea specifică ;

$F = \pi a^2$-aria suprafeței de contact.

După încercările lui Mayer, care privesc apăsarea unei bile asupra unei plăci, forța de apăsare dintre contacte este dată de o relație de forma :

$$P = C_4 \; a^n \qquad (4)$$

în care exponentul n variază între 1,9 și 2,4.

Rezultă de aci, spre deosebire de formula (3), că pentru un m egal cu 2, presiunea specifică p este independentă de P ; ea a fost denumită duritatea corpului.

Contius a făcut încercări privind mărimea suprafeței de contact dintre doi cilindri încrucișați, două conuri așezate cap la cap și un con care se apasă pe o placă. Din determinările acestui cercetător rezultă relația :

$$F = cP \qquad (5)$$

în care

$$c = \frac{l}{p}$$

S'a constatat că duritatea p variază nu numai cu materialul, dar și cu forma contactelor încercate.

Făcând uz de o analogie hidraulică, Binder calculează rezistența unui contact punctiform între două plăci și ajunge la o relație de forma :

$$R = \frac{1}{2\lambda a} \qquad (6)$$

în care s'a notat cu :

$\varkappa$ — conductivitatea materialului respectiv.

Din (6) și (4) rezultă :

$$R = \frac{C}{\sqrt{P}} \qquad (7)$$

Contius a verificat experimental această formulă a lui Binder și a găsit-o satisfăcătoare. Același cercetător a calculat rezistența de contact a două conuri drepte infinite apăsate vârf pe vârf, obținând expresia :

$$R = \frac{1}{1{,}325\,\lambda\, a} \qquad (8)$$

în care

R este dat în Ω

λ este dat în $\frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2}$

a este dat în mm

Această formulă a fost verificată practic.

In cazul contactelor de suprafață, calculul teoretic al rezittențelor de contact este aproape imposibil din cauza greutății cunoașterii numărului, poziției și mărimii suprafețelor reale de contact. Este mai simplu și mai sigur să se determine experimental relația dintre R și P. S'a presupus, prin analogie cu contactul punctiform, că legea de variație a rezistenței de contact cu apăsare este de forma

$$R = \frac{C}{P^n} \qquad (9)$$

Determinările lui Builov și Contius au confirmat această presupunere.

In tabela 1 sunt indicate constanta C și exponentul n obținuți experimental, atunci când R este dat în m Ω și P în kg.

Mai sunt cunoscute o serie de măsurători privind rezistența contactelor, măsurători care elimină în mod sistematic orice rezistență care nu ar fi datorită strictiunii liniilor de curent, deoarece ele au fost făcute asupra unor bare metalice în care erau uzinate gâtuituri simulând punctele reale de contact.

Din această ultimă categorie de încercări s'a văzut între altele în ce mod forma și rezistivi-

Tabela 1

Material	Forma contactelor	C	n	Alte caracteristici ale contactului	După:
Cu	sferă/plan	o 0,24	0,6	2,5 cm rază	Zalmovschi și Usov
Cu	piramidă/plan	0,26	0,6	Punctul de contact rotunjit cu o rază de 2,5 cm	Zalnovschi și Usov
Cu	perie/plan	0,136	1	—	Zalmovschi și Usov
Cu		0,205	0,5		Builov
Cu	plan/plan	0,430	1	Prelucrarea normală suprafața 1,6 cm²	Contius
Cu	plan/plan	0,340	1	Idem, suprafețele unse	
Cu	plan/plan	1,250	1	Suprafețele cositorite de 1,6 cm²	
Cu	plan/plan	400	2	Suprafețele polizate complect noi, 3,2 cm²	
Cu	plan/plan	50	2	Idem, 1,5 cm²	
Cu	plan/plan	10	2	Idem, 0,8 cm²	
Cu	plan/plan	1,9	1,66	Suprafețele polizate utilizate de mai multe ori 1,6 cm²	
Cu	plan/plan	2,80	1,33		
Cu	plan/plan	1,70	0,75	Suprafețe polizate unse 1,6 cm²	
Alamă	plan/plan	5,2	1,37	Suprafețe polizate oxidate	
Fier	plan/plan	45	0,92	Prelucrare cu smirghel 3,14 cm²	
Oțel inox.	plan/plan	65	0,117	Idem Prelucrare normală contacte necurățate apăsare sub 2,5 kg, 2,14 cm²	Incercările executate de colectivul Dr. Ing. Avramescu la Institutul de Energetică al Academiei R.P.R.
Oțel inox.	plan/plan	130	0,91	Idem, apăsare peste 2,5 kg	
Oțel inox.	plan/plan	80	0,125	Prelucrare fină, contacte curățate cu alcool 3,14 cm², apăsare sub 2 kg	
Oțel inox.	plan/plan	110	0,816	Idem, apăsare peste 2 kg	

tatea gâtuiturii influențează rezistența (fig. 1 și 2) și s'a demonstrat că rezistența de contact poate varia în limite foarte largi, pentru o aceeași suprafață efectivă totală de contact,

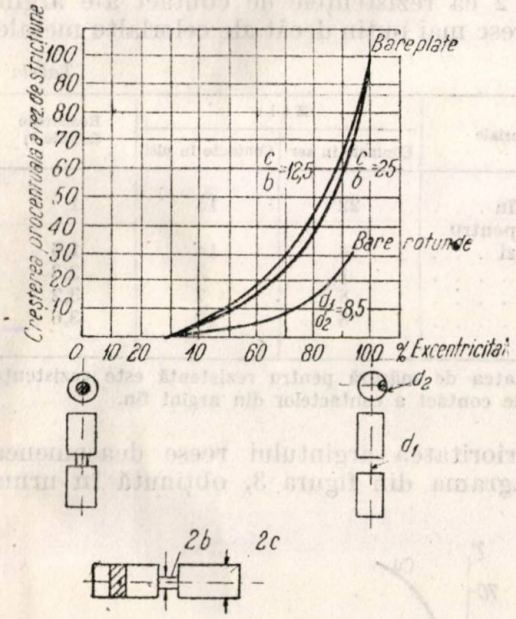


Fig. 1

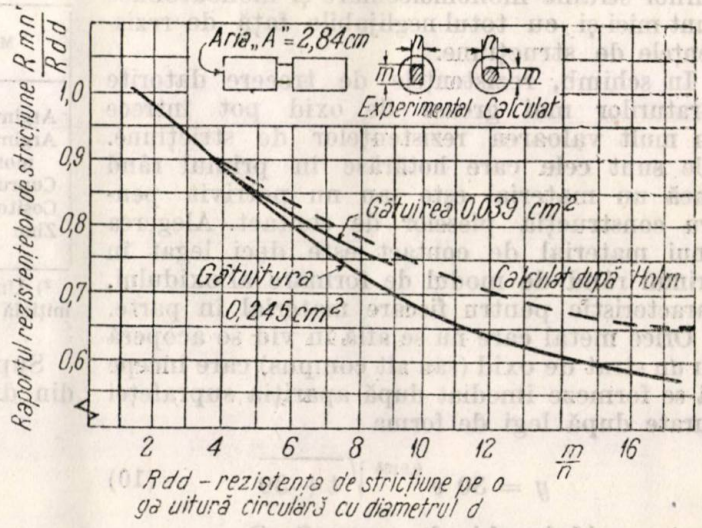


Fig. 2

prin variația numărului suprafețelor efective de contact. Se explică astfel influența prelucrării suprafețelor asupra rezistențelor de contact și greutatea întâmpimată în experimentarea, de a regăsi anumită curbă, mai ales în cazul contactelor de suprafață.

II. REZISTENȚELE DE TRECERE

Rezistențele de trecere se datoresc existenței oxizilor sau altor compuși metalici pe suprafețele de contact. Studiul lor cantitativ este mai greu de urmărit decât al rezistențelor de strictiune, deoarece teoria conducerii curentului prin straturi groase de oxid este încă fragmentară, iar studiile practice slstematice lipsesc. Se presupune că în urma trecerii curentului prin stratul de oxid are loc pentru o anumită valoare a curentului o coherare a stratului de oxid, un fel de străpungere termică; aceasta dă loc la formarea de punți metalice, a căror apariție duce la o reducere bruscă a rezistenței de contact. Astfel, atât timp cât apăsarea mică între contacte nu aduce deteriorarea stratului de oxid, rezistența de contact variază în trepte când crește curentul. Nu s'a cercetat decât prea puțin ce se întâmplă în contractele nepermanente la presiuni mari de contact. S'au făcut unele măsurători asupra contactelor permanente supuse la oxidare, dar rezultatele sunt greu de

interpretat deoarece nu se indică şi condiţiile experienţelor, de exemplu presiunile între piesele de contact.

S'a putut studia însă mai amănunţit teoretic şi practic influenţa stratului monomolecular sau monoatomic de oxid care se formează imediat după prelucrarea oricărei suprafeţe metalice şi care nu poate fi înlăturat decât prin tratamente cu totul speciale. Rezistenţa introdusă de acest strat depinde de suprafaţa efectivă de contact şi de rezistivitatea superficială, pentru care s'au măsurat valorile :

$1{,}5 \times 10^{-8}$ ohm $\times$ cm^2 pentru Cupru

$2 \ldots 8 \times 10^{-8}$ ohm $\times$ cm^2 pentru Nichel.

S'a constatat că aceste rezistivităţi nu depind de temperatura mediului ambiant. Se ştie însă că de pildă rezistivitatea oxidului de cupru este de $68 \frac{\text{ohm} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ la temperatura de circa 20°C ; ar rezulta de aici pentru un strat de oxid de numai 3 Å o rezistivitate superficială de 2×10^{-6} ohm $\times$ cm^2 de aproximativ 100 de ori mai mare decât cea măsurată. (Vom vedea de altfel că grosimea straturilor de oxid este mai mare decât cea presupusă mai sus). Această neconcordanţă se datoreşte efectului Tunel, datorită căruia rezistenţa unui strat foarte subţire de oxid nu depinde de grosimea lui nici de rezistivitatea măsurată pe un strat mai gros.

Practic, rezistenţele de trecere datorită straturilor străine monomoleculare şi monoatomice sunt mici şi cu totul neglijabile faţă de rezistenţele de structiune.

In schimb, rezistenţele de trecere datorite straturilor mai groase de oxid pot întrece cu mult valoarea rezistenţelor de stricţiune. Ele sunt cele care hotărăsc în primul rând dacă un material este sau nu potrivit pentru construcţia pieselor de contact. Alegerea unui material de contact este deci legat în primul rând de modul de formare al oxidului, caracteristic pentru fiecare material în parte.

Orice metal care nu se află în vid se acoperă cu un strat de oxid (sau alt compus) care începe să se formeze imediat după apariţia suprafeţei curate după legi de forma :

$$y = 30\ e^{0{,}0135 \sqrt{t + 30}} \qquad (10)$$

pentru oxidul cubic de cupru Cu_2O,

$$y = 0{,}484\ e^{0{,}01378 \ln (25t) + 20}$$

pentru oxidul de Nichel NiO

y este grosimea stratului de oxid în Å;

d este temperatura mediului ambiant în °C;

t este este timpul în ore.

Pentru alte câteva metale curente în electrotehnică, dăm mai jos caracteristicele calitative ale formării oxidului.

Oxidul de aluminiu, având un volum cu 26% mai mare decât metalul pe care se formează, îl protejează de a se oxida mai departe, astfel încât dacă nu se lucrează în atmosfere bazice, grosimea stratului rămâne practic constantă, în jurul valorii de 100 Å.. Aluminiul are însă proprietatea de a forma uşor elemente locale cu alt metal, de exemplu cu eventuale urme de cupru. Acestea duc la o corodare care progresează continuu.

Oţelul denumit inoxidabil formează straturi superficiale de oxid care nu depăşesc 30 Å. el nu formează elemente locale cu alte metale ;

Bronzul se comportă bine ca material de contact.

Alama prezintă desavantajul oxidării uşoare a zincului care la o temperatură mai ridicată difuzează din aliaj spre suprafaţa pieselor. El are ca şi aluminiul proprietatea de a se acoperi cu strat de oxid de grosime staţionară. Acest strat are însă o rezistenţă mecanică mai mică decât a oxidului de aluminiu şi se rupe uşor când contactul suferă o apăsare dând loc la atingere pur metalică între contacte.

Din punctul de vedere al oxidării, argintul ocupă un loc cu totul deosebit între materialele folosite pentru contactele electrice, oxidul de argint care se formează uşor la suprafaţa acestui metal, fiind mult mai bun conducător decât oxizii celorlalte metale. Intr'adevăr, incercând în condiţii egale contacte de linie păstrate la 85°C în aer şi în ulei, se vede din datele tabelei 2 că rezistenţele de contact ale argintului cresc mai puţin decât ale celorlalte metale.

Tabela 2

Materiale	Zile		Rezistenţe iniţiale *)
	Contacte în aer	Contacte în ulei	
Argint fin . . .	22	15	1
Argint pentru monezi . . .	4	14	1,6
Cupru	1	3	2,3
Cositor	8	7	3,2
Zinc	8	12	3,6

*) Unitatea de măsură pentru rezistenţă este rezistenţa iniţială de contact a contactelor din argint fin.

Superioritatea argintului reese deasemenea din diagrama din figura 3, obţinută în urma

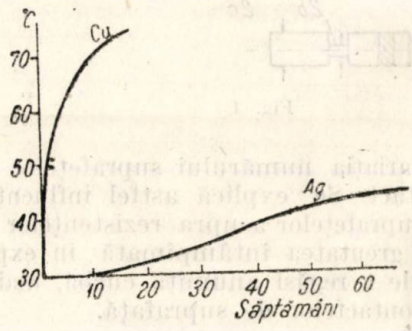


Fig. 3

încercării la încălzire a unor contacte de 3,2 $\times$ 19 mm, pă strate sub ulei la o temperatură ambiantă de 40°C şi străbătute de un curent de 600 A.

III. CONCLUZII

Din literatura cercetată și din încercările noastre se pot trage următoarele concluzii :

— Mărimea suprafeței de contact nu influențează valoarea rezistenței de contact atunci când este vorba de contacte cu suprafețe prelucrată normal. Când prelucrarea acestor suprafețe este foarte fină, rezistența crește cu suprafața de contact.

— Pentru forța de apăsare mici, rezistența contactelor prelucrate fin este mai mare decât a contactelor prelucrate normal, dar ea descrește mai repede decât aceasta cu creșterea forței de apăsare.

— In general, rezistența de contact variază cu presiunea după o lege de forma

$$R = \frac{C}{P^n}$$

— Din analiza curbelor trasate cu ajutorul datelor din tabela 1, se vede că pentru un același metal, contactele punctiforme sunt cele mai avantajoase până la o anumită valoare a apăsării între contacte ; pe măsură ce aceasta crește, contactele liniare și apoi cele de suprafață sunt cele mai avantajoase.

— In privința prelucrării contactelor plane, contactul cu prelucrarea grosolană are, sub o valoare dată a apăsării dintre contacte, o rezistență mai mică decât cele prelucrate fin.

— Materialele cele mai uzual utilizate în electrotehnică, cuprul, alama, aluminiul (cu excepția bronzului) formează la suprafața lor pături de oxizi care au rezistivități electrice mari sau a căror grosime crește continuu.

Materialele mai puțin uzuale utilizate în electrotehnică, cum ar fi nichelul, oțelul inoxidabil, argintul, cadmiul, nu formează oxizi supărători și încărcările de durată, efectuate sub un curent de 600 A, au dovedit comportarea mult mai bună a argintului decât a cuprului.

IV. EFECTUL MĂRIMII CURENTULUI ASUPRA REZISTENȚELOR DE CONTACT

Toate cele de mai sus se referă la încercări efectuate în curent continuu; valoarea curentului pentru care au fost făcute determinări nu este indicată de către autorii respectivi. Incercările noastre au fost efectuate toate la un curent de 3 A. Este probabil ca și celelalte încercări din literatură au fost făcute pentru curenți de același ordin de mărime, deoarece am regăsit în încercările noastre unele din rezultatele acestor încercări.

Deoarece nu cunoaștem până în prezent determinări care să urmărească variația rezistenței de contact cu curentul și anume pentru curenți de ordinul de mărime ai celor din contactele întrerupătorilor și forțele de apăsare întâlnite în aparatele electrice, am hotărît să continuăm încercările de mai sus în acest sens. Incercările sunt în curs de executare și se fac din motive practice, în curent alternativ. Experiențele efectuate până în prezent arată influența mare a curentului asupra rezittențelor de contact, chiar și în domeniul curenților mici, sub 10 A.

V. DISPOZITIVUL EXPERIMENTAL PENTRU STUDIUL CONTACTELOR ELECTRICE DE FORME GEOMETRICE SIMPLE

Am construit dispozitivul experimental cu care lucrăm la Institutul de Energetică după cel descris sumar de Contius.

El se compune în principiu dintr'o balanță cu brațe inegale, cu ajutorul căreia se pot exercita forțe de apăsare cunoacute asupra perechii de contacte de încercat. Din cauza proprietăților specifice ale rezistențelor măsurate, balanța este astfel construită încât :

a) este ferită de trepidații ;

b) încărcarea și descărcarea contactelor se poate face continuu :

c) pârghia balanței este supusă numai la forțe cât mai verticale și centrice.

Incercările pe care le-am efectuat cu acest dispozitiv au permis în primul rând regăsirea unor date cunoscute din literatură, apoi studiul contactelor din fier, oțel și diferite aliaje speciale pentru care nu cunoaștem date practice.

Bibliografie

Builov Ş. I. : Principiile construcției aparatelor electrice. Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad 1946.

Zaimovschi și *Usov* : Metale și aliaje în electrotehnică, Editura Energetică de Stat 1952.

Holm R. : Die technische Physik der Electrischen Kontakte Springer Berlin 1941.

Konwenhowen S. B. și *Seckell W. T.* : A.I.E.E. Trans. Vol. 70 pag. 791—795.

Contius E. : Der Einfluss der Grösse des Drukes und der Fläche auf den Kontaktwiderstand. Disertație ținută la Säschsische Technische Hochschule in Dresden.

Paxton R. și *Strang H. Z.* : Gen-Electric Rev. Decembrie 1933, pg. 524—528.

★

ВВЕДЕНИЕ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ КОНТАКТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Резюме

Излагается экспериментальное изучение электрических контактов на контактах простых геометрических форм. Исследование главных составляющих контактного сопротивления — стикционного сопротивления и переходного сопротивления, излагается отдельно. Стрикционные сопротивления исследуются при постоянном токе малой силы, изучаясь в особенности влияние силы сжатия между контактами и даются данные для построения соответствующих кривых. В исследование переходных сопротивлений включено краткое рассмотрение качества различных материалов применяемых для контактов. Характер заключений сделанных для первых двух частей является более качественным. В заключение дается краткий обзор текущих испытаний в Институте Энергетики Академии Р.Н.Р.

MAŞINA AMPLIFICATOARE DE CURENT CONTINUU-AMPLIDINA

Ing. A. MORARU

Se expun principiile de funcţionare, particularităţile constructive, caracteristicele în regim staţionar, caracteristicele în regim tranzitoriu cât şi aplicaţiile amplidinei.

1. CONSIDERAŢII PRELIMINARE

Amplificatorii au o vastă întrebuinţare în tehnica curenţilor slabi, în special la frecvenţe înalte. Desvoltarea mecanizării şi automatizării a impus însă utilizarea amplificatorilor şi în tehnica curenţilor tari. Trebue observat aici că denumirea de amplificator este improprie. O denumire mai corectă ar fi aceea de regulator sau controlor, deoarece „amplificatorul" necesită o sursă auxiliară de putere şi funcţiunea sa constă în a controla puterea sursei auxiliare. In aceeaşi ordine de idei s'ar putea spune că şi generatorul de curent continuu este un amplificator, deoarece prin varierea curentului de excitaţie al acestuia se poate regla puterea de eşire a generatorului. Astfel de terminologie ar fi însă prea largă, deoarece prin „amplificare" se înţeleg anumite caracteristici speciale. Un amplificator trebue să reproducă fidel valorile semnalului de intrare şi intervalele de timp şi în general circuitele de putere controlate nu satisfac aceste cerinţe.

In amplificatorii de frecvenţe radio constanta de timp este de ordinul a 10^{-6} s, iar în amplificatorii de frecvenţe audio constanta de timp nu depăşeşte $5 \cdot 10^{-3}$s. Aceste constante de timp mici nu se pot realiza decât cu ajutorul tubului electronic cu vid. In tehnica curenţilor tari nu se întâlnesc — şi nici nu sunt necesare — asemenea constante de timp. Incercările de a utiliza tuburile electronice cu vid în tehnica curenţilor tari s'au lovit de o serie de dificultăţi mari, din care motiv acestea nu se utilizează în acest domeniu decât foarte rar. Pentru sistemele de curenţi tari s'au dovedit a fi mult mai adecuate tuburile ionice cu gaz şi grilă de comandă (tiratroane). Totuşi aceste tuburi sunt scumpe, dau dificultăţi în exploatare — necesitând o supraveghere continuă, — nu prezintă o siguranţă suficientă şi au o viaţă relativ scurtă.

Din aceste motive, atenţia s'a îndreptat asupra maşinilor electrice rotative, care sunt mult mai robuste, sunt incomparabil mai durabile şi nu necesită o supraveghere continuă. O primă ideie de a realiza un amplificator de putere rotativ a fost de a utiliza în acest scop generatorul de curent continuu cu excitaţie separată. Insă un generator de curent continuu obişnuit cu excitaţie separată, nu are un factor de amplificare suficient de mare pentru o constantă de timp acceptabilă (0,05...0,2 s). Se observă însă că dacă un prim generator debitează pe bobinajul de excitaţie al altui generator, factorul total de amplificare este egal cu produsul celor doi factori de amplificare parţiali (ai fiecărui generator), pe când constanta de timp totală nu este mai mare decât suma constantelor de timp parţiale. S'ar putea merge şi mai departe, cuplând în cascadă mai mulţi generatori, realizând astfel un amplificator cu mai multe etaje de amplificare. Insă pe măsură ce creşte numărul de etaje, cresc şi imperfecţiunile acestui sistem de amplificare. Astfel fenomenul histerezis este amplificat şi el de fiecare etaj şi până în cele din urmă se introduc perturbaţii enorme şi insensibilităţi de 100%. De aceea numărul de etaje se limitează la două şi dacă factorul de amplificare astfel realizat nu este suficient, se introduce o preamplificare de tuburi electronice sau cu amplificatori magnetici.

Acest sistem de amplificare cu două etaje formate din generatori de curent continuu, nu s'a răspândit prea mult în practică (grupul Ward-Leonard şi altele similare pot fi considerate ca asemenea amplificatori). Cerinţele industriei moderne au făcut însă să apară o nouă maşină electrică specială, care întruneşte calităţile sistemului cu două etaje de amplificare, depăşindu-le chiar. Această maşină amplificatoare îndeplineşte condiţiile de robusteţe, de putere, de durabilitate, de dereglare, neglijabilă şi exploatare economică pe care le cere producţia, condiţii care nu erau îndeplinite de amplificatorii electronici. Această maşină electrică amplificatoare face parte din clasa maşinilor cu flux transversal şi în limbajul tehnic român se numeşte amplidină.

2. PRINCIPIUL DE FUNCŢIONARE AL AMPLIDINEI

Amplidina se aseamănă mult cu o maşină de curent continuu obişnuită. In plus ea posedă şi o pereche de perii aşezate perpendicular pe axa polilor inductori, perii care sunt legate în scurtcircuit (fig. 1). De obicei maşina se execută bipolară, însă, pentru a se uşura comutaţia periilor din axa polilor ($A_1 A_2$), polii inductori sunt segmentaţi în două părţi, c în fig. 1.

Bobinajul de comandă $C_1 C_2$, parcurs de ... rentul de comandă i_1, produce fluxul de comandă Φ_1, îndreptat după axa $A_1 A_2$. Datorită rotirii indusului, acest flux induce între periile $B_1 B_2$ o forţă electromotoare E_2 care, dacă periile sunt legate în scurtcircuit, produce un curent i_2 în indus. Acest curent produce la rândul său un flux Φ_2 după axa $B_1 B_2$. Fluxul Φ_2 induce între periile $A_1 A_2$ o forţă electromotoare E_3.

Amplidina reprezintă deci două etaje de amplificare înglobate în aceiaşi maşină. Primul etaj este format de statorul inductor, prevăzut cu bobinajul de comandă $C_1 C_2$, şi indusul după axa $B_1 B_2$; al doilea etaj este format de indus devenit inductor — după axa $B_1 B_2$ — şi indusul după axa $A_1 A_2$. Axa $A_1 A_2$ se numeşte

axă de comandă sau longitudinală, iar axa B_1B_2 — axă scurtcircuitată sau transversală.

Dacă se închide circuitul periilor A_1A_2 pe o sarcină, tensiunea la perii scade brusc.

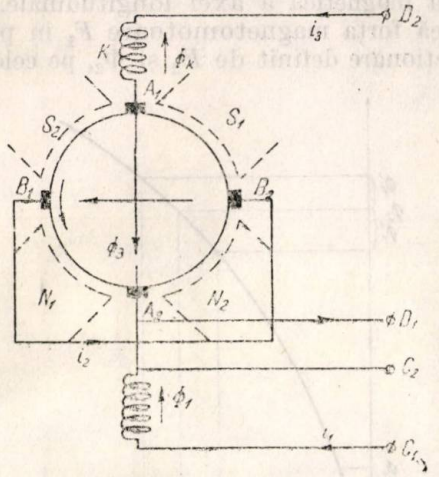


Fig. 1

Cauza acestui fenomen este apariția unui curent i_3 după axa A_1A_2, care produce un puternic flux de reacție Φ_3, după aceiași axă, care anulează aproape fluxul inductor Φ_1 al primului etaj. Pentru a înlătura acest fenomen dăunător, folosit din plin în dinamul Rosenberg, se prevede un bobinaj statoric suplimentar K, pentru compensarea acestei reacții. Fluxul Φ_k, produs de acest bobinaj, trebue să fie egal și opus fluxului de reacție Φ_3. Prin aceasta se obține o acțiune a bobinajului de comandă independentă de sarcină.

In primul etaj de amplificare, fluxul Φ_1 trebue să producă numai o tensiune suficientă să învingă rezistența circuitului electric în axa scurtcircuitată și, cum se va vedea mai departe, tensiunea de autoinducție în timpul fenomenelor transitorii. Forța magnetomotoare de comandă este aproape egală cu amperspirele necesare ca fluxul mic Φ_1 să traverseze întrefierul și circuitul magnetic al mașinii, deci este oarte mică.

In al doilea etaj de amplificare, forța magnetomotoare (produsă de curentul i_2) necesară stabilirii fluxului Φ_2 este egală cu amperspirele necesare pentruca acest flux să traverseze întrefierul și circuitul magnetic după axa transversală. Acțiunea în al doilea etaj de amplificare este similară cu cea dintr'un generator de curent continuu cu poli înnecați cu următoarele excepții : (1) reacția indusului este complect compensată, prevenind astfel distorsiunile, (2) întrefierul mașinii este relativ mic, (3) secțiunile de fier mari previn saturația în funcționarea normală și (4) bobinajul indusului, considerat ca bobinaj de excitație, are pierderi mici. Ca rezultat al acestor particularități, amplificarea de putere în al doilea etaj de amplificare este mai mare decât într'un generator de curent continuu obișnuit.

Mai trebue observat că primul etaj de amplificare, lucrând independent de al doilea etaj, este ca și cum ar fi realizat cu o mașină de putere mult mai mare decât ar fi necesar. Din acest motiv amplificarea în primul etaj este și mai mare decât în al doilea. Astfel se obțin în mod curent factori de amplificare globali (pentru ambele etaje) de 5 000...20 000. Prin adăogarea unor bobinaje auxiliare și de reacție se pot realiza factori de amplificare și mai mari (100 000 și mai mult), însă obișnuit nu se merge la valori prea mari, întrucât imperfecțiunile sistemului încep să introducă perturbații sensibile. Pentru obținerea unor factori de amplificare superiori, în caz de nevoie, se poate utiliza un etaj de preamplificare cu tuburi electronice, puterea acestora fiind suficientă pentru alimentarea bobinajului de comandă al amplidinelor curente (până la 40 kW).

In fig. 2 se arată poziția bobinajelor auxiliare și de reacție întrebuințate în amplidină. Bobinajul serie în circuitul periilor din axa transversală reduce curentul din această axă, mărește considerabil amplificarea și micșorează efectul de variație al factorului de amplificare datorită variației rezistenței de contact a periilor. Aceleași efecte, exclusiv ultimul, se obțin și cu bobinajul de reacție în derivație F_1F_2 în cazul când reacția este pozitivă.

La funcționarea în sarcină, indusul amplidinei este desechilibrat din punct de vedere al distribuției curenților. In axa transversală circulând curentul I_2, iar în axa longitudinală curentul I_3, în conductorii a două sferturi ale indusului circulă curentul $\frac{I_3+I_2}{2}$, iar în celelalte două sferturi, $\frac{I_3-I_2}{2}$. Această desimetrie se poate reduce prin utilizarea bobinajelor serie sau derivație lucrând în axa transversală; totuși, în majoritatea cazurilor, funcționarea nu este afectată în mod sensibil de distribuția inegală a curenților în indus.

O caracteristică esențială a amplidinei, care mărește rapiditatea răspunsului, este că nu există scăpări mutuale între bobinajele axei longitudinale și transversale.

3. PARTICULARITĂȚI CONSTRUCTIVE

Amplidinele se pot construi fie cu poli aparenți, fie cu poli înnecați. Prima construcție, deși prezintă avantaje constructive, este inferioară celei de a doua, deoarece utilizează bobinaje de compensație concentrate, cu ajutorul cărora nu se poate realiza o compensare perfectă decât numai la o anumită sarcină. O compensare cât mai perfectă este foarte importantă, întrucât puterea axei de eșire este mult mai mare decât puterea bobinajului de comandă. Faptul că întregul circuit magnetic al mașinii trebue executat din tole, micșorează considerabil avantajele constructive ale sistemului cu poli aparenți. Din aceste motive se preferă construcția cu poli înnecați și bobinaj de compensație distribuit. In fig. 3 se arată

tola statorului unei astfel de mașini bipolare, cu poli de comutație numai în axa longitudinală. Ștanțarea tolelor de acest fel prezintă anumite dificultăți tehnologice și deobicei se execută cu matrița bloc.

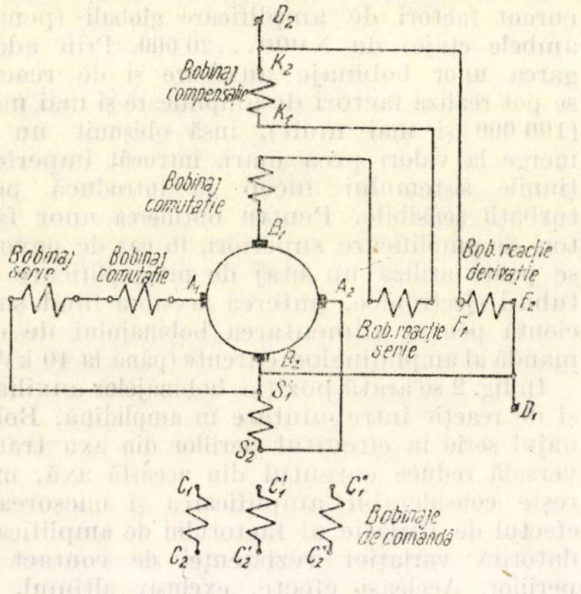


Fig. 2

Rotorul se poate executa ca la o mașină de curent continuu obișnuită. Pentru a micșora însă reluctanța întrefierului, crestăturile rotorice se execută semiînchise. Colectorul amplidinei se execută cu lamele multe, pentru a obține o comutație cât mai ușoară. Periile se

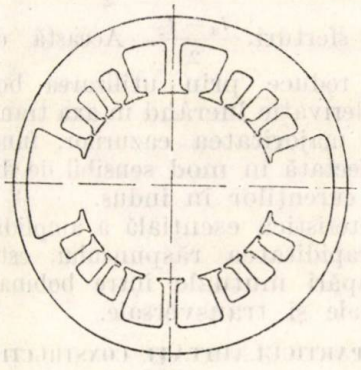


Fig. 3

fac de grosime egală cu lățimea unei lamele de colector, pentru a reduce reacția secțiilor în comutație. Din cauză că grosimea periilor este egală cu lățimea lamelelor, periile vibrează pe colector. Pentru a reduce efectele datorite vibrației periilor (cădere de tensiune la perii mult mărită, etc.) se pun 2...3 perii în paralel și dispozitivele de presare al periilor se execută cu inerție mică. Suporții portperiilor se montează pe un colier, pentru a putea regla periile cât mai exact în axele neutre, astfel ca să nu existe cuplaje între etaje.

Bobinajul rotorului trebue să fie uniform; nu se admit bobine oarbe, legături false sau alte artificii, care dau un bobinaj disimetric.

4. CARACTERISTICI IN REGIM STAȚIONAR

In fig. 4 se arată caracteristica magnetică a axei transversale, presupusă, pentru simplificare, identică (sau proporțională) cu caracteristica magnetică a axei longitudinale. Când se aplică forța magnetomotoare F_1 în punctul de funcționare definit de F_2 și Φ_2, pe cele două

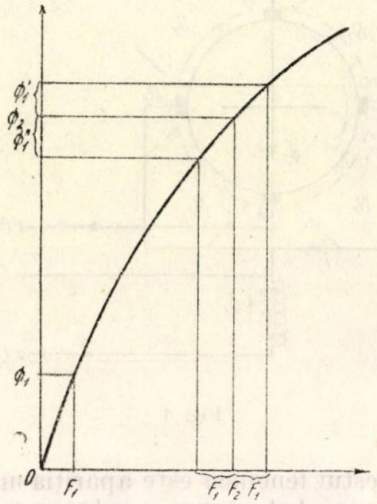


Fig. 4

jumătăți de pol apar fluxurile Φ_1' și Φ_2'', diferite și mai mici ca fluxul Φ_1 produs de forța magnetomotoare F_1 pentru $\Phi_2 = 0$ (și $F_2 = 0$). Valoarea fluxului de comandă în sarcină ($\Phi_2 \neq 0$) mai este micșorată și de distorsiunea locală pe fața polilor și crestăturilor, de amperspirele de reacție a secțiilor aflate în comutație și de compensare imperfectă a fluxului de reacție din axa longitudinală. Aceste efecte secundare sunt însă în general neglijabile. Mai important este primul efect semnalat, datorit saturării circuitului magnetic al mașinii, întrucât se produce o dublă amplificare a lui. Ținând cont că puterea de ieșire, la o rezistență de sarcină dată, este proporțională cu patratul tensiunii de ieșire, rezultă pentru o saturare de 5% a circuitului magnetic (pentru producerea aceluiași flux sunt necesare cu 5% mai multe amperspire) amplificarea se reduce la $^3/_4$, iar pentru o saturare de circa 9,5% amplificarea se reduce la jumătate. Rezultă că pentru a obține un factor de amplificare cât mai constant, nu trebue saturat circuitul magnetic al mașinii.

O caracteristică de proiectare interesantă și importantă, mai ales la amplidina cu poli aparenți, este că toate fluxurile de scăpări ale indusului care nu sunt înlănțuite cu Φ_2, sunt utile pentru producerea tensiunii de ieșire E_3. Aceste fluxuri închizându-se prin aer, ușurează circuitul magnetic de fier, reduc efectiv dimensiunile mașinii (la aceiași putere) și având cuplaj nul cu alte bobinaje, ajută la mărirea vitezei de răspuns.

Pentru mărirea factorului de amplificare în regim staționar și pentru reducerea disimetriei curenților în indus se poate folosi cu

succes un bobinaj de reacție în derivație (fig. 2.), acționând adițional în axa transversală. Rezistența acestui bobinaj trebue să fie astfel aleasă ca să nu existe posibilitate de autoexcitare a mașinii. Cuplajul mutual dintre axa transversală a indusului și bobinajul derivație se reduce intercalând o inductanță mare, complect separată de mașină, în serie cu bobinajul derivație. Prin aceasta se reduce influența bobinajului derivație în timpul fenomenului transitoriu.

O comutație bună este esențială pentru obținerea unui factor de amplificare mare și o stabilitate bună. Zonele neutre bine conturate și comutația lineară reduc forța magnetomotoare de magnetizare și demagnetizare datorită secțiilor aflate în comutație. Poli auxiliari, pentru îmbunătățirea comutației, se utilizează în general numai în axa longitudinală. La puteri mai mari (20...40 kW). se pot utiliza poli auxiliari și în axa transversală.

Experiența a arătat că cei doi curenți din indus (I_2 și I_3) sunt comutați independent. Totuși există o mică distorsiune a fluxului pe fața polilor auxiliari, sau o distorsiune a curentului pe fața periei, dacă nu există poli auxiliari. Aceste efecte însă sunt secundare și neglijabile.

Sensibilitatea amplidinei este influențată în mare măsură de fenomenul histerezis. Acest fenomen, analog cu frecarea solidă din sistemele mecanice, face ca factorul de amplificare al amplidinei să nu mai fie constant, ci să depindă de „istoricul" variației curentului de comandă. Ca rezultat se obține un anumit grad de insensibilitate, care mărește statismul reglajului. Prima metodă de reducere a acestui fenomen este utilizarea pentru stator a unor materiale magnetice cu inducție remanentă și forța coercitivă mică. Acest lucru este posibil însă numai în mică măsură, deoarece utilizarea unor materiale speciale ar scumpi considerabil mașina. De aceea pentru reducerea remanenței se utilizează „vibrarea" circuitului magnetic, cu ajutorul unor bobinaje alimentate în curent alternativ (50...150 Hz) și care au cuplaj nul cu celelalte bobinaje ale amplidinei. In fig. 5

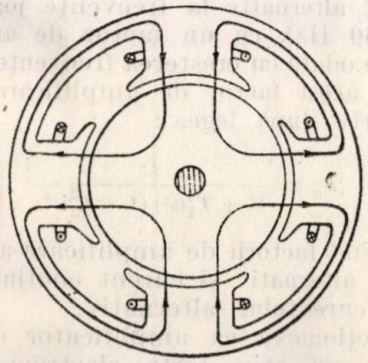


Fig. 5

s'a reprezentat modul de legare al acestor bobine și drumul fluxului alternativ, în cadrul unei mașini bipolare cu poli aparenți. Cu ajutorul „vibrării" se poate obține o reducere cu 60...75% a fenomenului histerezis, ceeace, pentru statoare executate din tablă de dinam (0,5 mm) este în general suficient. O reducere mai importantă a fenomenului histerezis nu este posibilă decât prin metode mult mai complicate („vibrarea" elementară, făcută pe porțiuni mai mici și cu intensități diferite cu anumite frecvențe, etc.). La aplicațiile curente însă în majoritatea cazurilor nu este necesară nici măcar „vibrarea", amplidinele fiind corespunzătoare și fără această măsură.

5. CARACTERISTICI IN REGIM TRANSITORIU

Considerând o amplidină simplă (fără bobinaje de reacție), nesaturată și cu reacția indusului perfect compensată după axa longitudinală, se poate deduce ușor ecuația de stabilire a forței electromotoare e_3 în axa de eșire. Se notează cu indicii 1 și 2 mărimile corespunzătoare bobinajului de comandă și indusului (după axa transversală), iar cu k_1 și k_2 factorii de amplificare care pentru tensiuni, în regim staționar, în cele două etaje. Se deduc următoarele relații, scrise în forma operațională :

— pentru curentul din bobinajul de comandă $(R_1+pL_1)\ i_1 = U_1$;

— pentru primul etaj de amplificare $e_2 = k_1 R_1 i_1$;

— pentru curentul din axa transversală a indusului $(R_2+pL_2)\ i_2 = e_2$;

— pentru al doilea etaj de amplificare $e_3 = k_2 R_2 i_2$.

Eliminând i_1, i_2 și e_2, notând cu $T_1 = \frac{L_1}{R_1}$ și $T_2 = \frac{L_2}{R_2}$ constantele de timp ale celor două etaje de amplificare, iar cu $E_3 = k_1 k_2 U_1$ valoarea de regim a forței electromotoare din axa de eșire, se obține :

$$e_3 = \frac{E_3}{(1 + T_1 p)(1 + T_2 p)}.$$

Căutând funcțiunea originală, se obține :

$$e_3 = E_3 \left(1 + \frac{\varepsilon^{-\frac{t}{T_1}}}{\frac{T_2}{T_1} - 1} + \frac{\varepsilon^{-\frac{t}{T_2}}}{\frac{T_1}{T_2} - 1} \right)$$

ε fiind baza logaritmilor naturali.

Analizând această expresie se observă că în primul moment ($t = 0$) viteza de creștere a forței electromotoare e_3 este nulă $\left(\frac{de_3}{dt}\right)_{t=0} = 0$, însă valoarea standard de 91,8% din valoarea de regim permanent este atinsă totdeauna mai repede decât după $3(T_1 + T_2)$. Pentru $\frac{T_2}{T_1} = \infty$ această valoare este atinsă după timpul limită $3(T_1+T_2)$ iar pentru $\frac{T_2}{T_1} = 1$, după $2{,}375(T_1 + T_2)$. Pentru rapoarte intermediare, timpul de atingere a valorii standard este cuprins între aceste două limite.

Efectul curenților turbionari, de care nu s'a ținut cont în cele de mai sus, este de a mări timpul necesar stabilirii tensiunii de ieșire, însă acest efect este în general neglijabil, mai ales dacă circuitul magnetic este executat din tole.

Dacă în timpul procesului transitoriu circuitul magnetic se saturează, inductanțele L_1 și L_2 nu mai sunt constante și trebue să se utilizeze o metodă de aproximații succesive pentru determinarea curbei de stabilire a tensiunii.

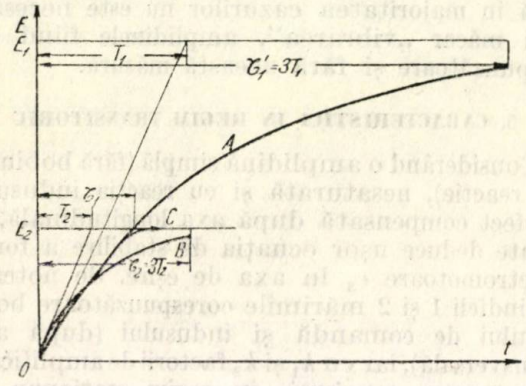


Fig. 6

Aprecierea rapidității răspunsului nu trebue să se facă numai în baza constantelor de timp. O constantă de timp mai mare indică un răspuns mai încet, însă totodată un factor de amplificare mărit și pentru o aceiași putere de intrare timpul necesar atinge o anumită tensiune de ieșire este mai mic pentru o amplidină dată cu cea mai mare constantă de timp și amplificare. Timpul de reacție τ_1 în fig. 6 este mai mic pentru caracteristica A decât τ_2 pentru B, deși constanta de timp T_2 a caracteristicii B este mai mică decât constanta de timp T_1 a caracteristicii A. Acest lucru va fi cu atât mai evident cu cât în amplidină pentru o creștere de n ori a constantei de timp, crește și amplificarea (pentru tensiuni) de n ori, adică vitesa inițială de creștere a tensiunii este aceiași pentru orice constantă de timp (în fig. 6 se confundă cele două tangente duse în origină la caracteristicile A și B). In fig. 6 s'au considerat caracteristice exponențiale pentru o mai ușoară comparație, dar concluziile obținute pot fi extinse și la caracteristici dublu exponențiale. Forțarea excitației în punctul C (fig. 6) se poate realiza fie prin schema de reglaj, fie printr'o reacție negativă întârziată. Prin aceasta se poate reduce la jumătate timpul de stabilire a tensiunii.

O proprietate interesantă și importantă a amplidinei, care a fost deja amintită mai sus, este că raportul dintre factorul de amplificare al tensiunii și constanta de timp (ambele referitoare la același etaj) este constant. Se poate demonstra că există următoarele relații (pentru o amplidină simplă):

$$\frac{k_1}{T_1} = C_1 \frac{pnN}{aw},$$

$$\frac{k_2}{T_2} = C_2\, pn.$$

C_1 și C_2 sunt niște constante care nu depind nici de puterea nici de dimensiunile mașinii, pn este frecvența de magnetizare a indusului, $\frac{N}{2a}$ numărul conductori pe cale de curent a rotorului iar w numărul de spire al bobinajului de comandă. Lăsând la o parte influența evidentă, a lui $\frac{N}{a}$ și w în prima expresie, rezultă că raportul $\frac{k}{T}$ depinde numai de frecvența de magnetizare a indusului, de unde apare necesitatea de a utiliza turații cât mai ridicate la antrenarea amplidinelor. In aviație amplidinele se construesc pentru 8...10 000 rot/min, obținându-se caracteristici mult îmbunătățite.

6. ANALIZA CARACTERISTICILOR

Determinarea experimentală a caracteristicilor statice ale amplidinei nu întâmpină nici o dificultate. Măsurând puterea de comandă ($U_1\ I_1$) și puterea de ieșire ($U_3\ I_3$) se determină imediat factorul de amplificare al puterii ca raportul dintre puterea de ieșire și puterea de comandă. In mod analog se pot determina și factorul de amplificare pentru tensiuni, caracteristicile în gol și sarcină și caracteristicile externe.

Determinarea experimentală a caracteristicilor dinamice se poate face direct prin oscilografiere, aplicând brusc o tensiune la bobinajul de comandă. Incercările de acest fel sunt însă delicate și necesită o aparatură specială. Incercările directe pot fi însă înlocuite cu succes prin încercări în curent alternativ sinusoidal de joasă frecvență (4...15 Hz). Variind frecvența curentului de alimentare în anumite limite, se pot separa toate mărimile caracteristice care interesează constantele de timp ale diferitelor etaje, influența pierderilor prin histerezis și curenții turbionari, etc. Aceste măsurători, în afară de sursa de tensiune sinusoidală de joasă frecvență, necesită o aparatură curentă (voltmetru, ampermetru, wattmetru sau osciloscop).

Este interesant de semnalat că amplidina poate funcționa cu succes și ca amplificator de curent alternativ la frecvențe joase (până la 40...50 Hz), cu un factor de amplificare care scade odată cu creșterea frecvenței. Pentru tensiune, acest factor de amplificare, variază aproximativ după legea:

$$k_a = \frac{k_c}{(1 + T_1^2\omega^2)(1 + T_2^2\omega^2)}$$

k_c și k_a fiind factorii de amplificare a tensiunii în curent alternativ și curent continuu, iar ω pulsația curentului alternativ.

In funcționarea ca amplificator de curent alternativ nu apar forțe electromotoare de transformator, întrucât nu există cuplaj între bobinajul de comandă și circuitul de ieșire (reacția indusului după axa longitudinală fiind compensată perfect).

7. DOMENII DE APLICARE ALE AMPLIDINEI

O primă funcțiune a amplidinei este aceea de automat. Cele mai simple scheme sunt schițate în fig. 7 și 8. In schema din fig. 7 bobinajul 1 excită amplidina, care îndeplinește rolul de generator sau excitatrice a unui gene-

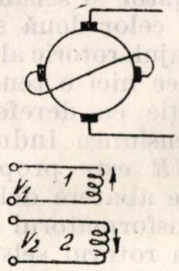


Fig. 7

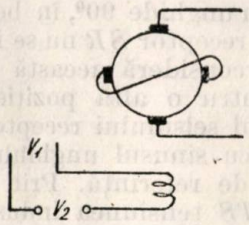


Fig. 8

rator și care comandă astfel, direct sau indirect, o acționare electrică. Această acționare trebue să urmărească o anumită lege dinainte stabilită, tradusă în curentul electric ce alimentează bobinajul 1. Orice abatere dela regula stabilită se traduce printr'o variație a curentului care circulă prin bobinajul 2, opus ca acțiune bobinajului 1. Orice variație a curentului în bobinajul 2 determină apariția aproape imediată, a unei tensiuni corectoare la bornele amplidinei, care tinde să restabilească echilibrul anterior.

Schema din fig. 8 realizează aceiași funcțiune, însă cu un singur bobinaj de comandă, căruia i se aplică diferența tensiunilor V_1 și V_2 din schema precedentă. Acest lucru nu este însă totdeauna posibil întrucât tensiunile V_1 și V_2 trebue să fie într'un anumit raport, cerință care în schema din fig. 7 se elimina prin potrivirea convenabilă a numerelor de spire ale bobinajelor 1 și 2.

In schema din fig. 9 amplidina mai îndeplinește și funcțiunea de limitator. In afară de cele două bobinaje normale 1 și 2 se mai prevede și bobinajul suplimentar 3, care în mod normal nu este parcurs de curent. Dacă dintr'o cauză oarecare una dintre variabilele care caracterizează funcționarea sistemului comandat atinge o valoare prea mare (sau prea mică) ceeace din punct de vedere electric se traduce prin creșterea tensiunii V peste o tensiune de referință e, în bobinajul 3 va lua naștere un curent care produce o acțiune limitatoare. Această acțiune limitatoare se deosebește de cea de aservire prin faptul că se exercită într'un singur sens.

In afară de cele trei bobinaje de comandă semnalate, în amplidină se mai utilizează și o a patra, în scop de stabilizare în regim tranzitoriu.

Cu ajutorul amplidinei se pot realiza reglaje automate de tensiune constantă, cuplu constant, viteză constantă, putere constantă, factor de putere constant, curent constant, etc. In schemele de reglaj amplidina poate cumula și mai multe funcțiuni simultane: generator (sau excitatrice) și regulator; generator (sau excitatrice) regulator și limitator, etc. Uneori amplidina se utilizează și numai ca amplificator pentru a transmite un semnal de putere mare.

In industria siderurgică amplidina este folosită în acționarea laminoarelor reversibile, la reglajul electrozilor cuptoarelor electrice, la laminoarele de țevi și role, etc.

In industria prelucrătoare amplidina este folosită cu succes în acționarea rabotezelor cu cursă foarte mare, în reglaj de viteză constantă pentru o gamă întreagă de viteze, în mașinile de copiat, etc.

In industria extractivă amplidina și-a găsit aplicații la instalațiile de ridicat. Deasemenea excavatoarele uriașe și macaralele portuare folosesc amplidina.

In industria textilă și de hârtie se folosesc scheme de automatizare cu ajutorul amplidinei, mai ales pentru realizarea unui cuplu constant.

Sistemele de urmărire folosesc pe lângă selsimuri, amplidine ca amplificatori de putere. Deasemenea și sistemele de acționare electrică la distanță.

Pe scurt, în industria modernă, în care se pune un deosebit accent pe automatizare, amplidina a căpătat o mare răspândire. In Uniunea Sovietică amplidina se fabrică în serie.

Mai jos se dau trei exemple de scheme utilizând amplidina: reglaj automat de tensiune,

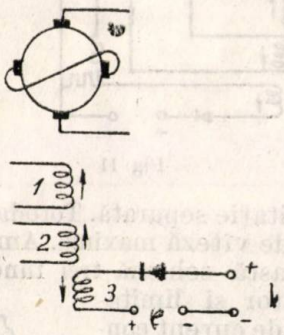


Fig. 9

reglaj automat de cuplu constant și un sistem de urmărire.

In fig. 10 *a*, se arată o schemă pentru reglajul automat al tensiunii unui alternator. Amplidina cumulează funcțiunile de excitatrice și regulator automat de tensiune. Bobinajul este alimentat de curentul redresat al unei bobine nesaturate B_1, iar bobinajul 2 este parcurs de curentul redresat al unei bobine saturate B_2, ambele bobine fiind legate la tensiunea într faze a alternatorului. Cele două bobinaje, 1 și 2, lucrează diferențial. Pentru tensiunea U_n (fig. 10 *b*) acțiunea celor două bobinaje se anulează. Tensiunea normală de funcționare se va situa puțin sub U_n, în funcție de factorul de amplificare al sistemului. Trebue remarcat însă că tensiunea de echilibru U_n depinde de frecvență, ceeace poate da erori în reglaj. Această deficiență se poate elimina utilizând

în locul bobinelor B_1 și B_2 o rezistență lineară R_1 și o rezistență neliniară R_2 (de exemplu un filament incandescent în vid) cu constantă de timp mică. Desavantajul utilizării unei rezistențe neliniare constă în faptul că variază caracteristicile ei în timp.

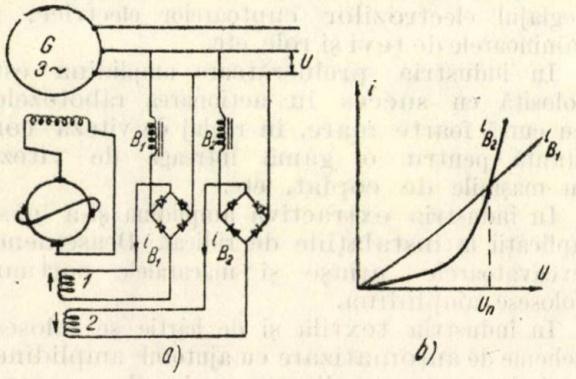


Fig. 10

In fig. 11 se arată o schemă pentru reglajul de cuplu constant al unui motor de curent con-

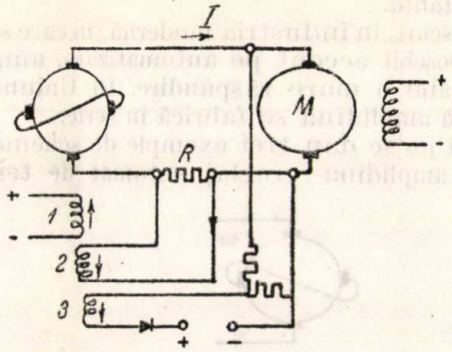


Fig. 11

tinuu cu excitație separată. Totodată se prevede și o limitare de viteză maximă. Amplidina cumulează în această schemă trei funcțiuni: generator regulator și limitator. Motorul de curent continuu M_1 funcționând cu flux constant (excitație separată), cuplul său este proporțional cu curentul I absorbit de motor. Bobinajul de comandă 1 al amplidinei este alimentat dela o sursă de tensiune constantă, de comparație. Bobinajul 2 primește o tensiune proporțională cu curentul I, dela bornele șuntului R și lucrează antagonist bobinajului 1. Prin aceasta se realizează un reglaj de curent — respectiv de cuplu — constant în jurul unei anumite valori determinată de tensiunea aplicată bobinajului 1. Pentru limitarea vitezei (în caz de mers în gol de exemplu) se prevede schema de limitare care alimentează bobinajul 3. In schemă s'a presucă viteza este proporțională cu tensiunea aplicată motorului, ceeace nu este exact, însă pentru acțiunea de limitare este suficient de precis.

In fig. 12 se arată schema de urmărire care utilizează amplidina ca amplificator de putere. SE și SR sunt selsinul emițător și selsinul receptor. Dacă axele rotorilor celor două selsine fac un unghide 90°, în bobinajul rotoric al selsinului receptor SR nu se induce nici o tensiune.

Se consideră această poziție ca dereferință.

Pentru o altă poziție, tensiunea indusă în rotorul selsinului receptor SR este proporțională cu sinusul unghiului de abatere dela poziția de referință. Prin transformatorul simetric TS tensiunea indusă în rotorul selsinului receptor SR este aplicată la grilele a două tiratroane montate ca în figură. In circuitul anodic al fiecărui tiratron se găsește o bobină de comandă a amplidinei. In situația când tensiunea indusă în rotorul selsinului receptor este nulă, curenții în cele două tiratroane sunt egali și acțiunea celor două bobinaje de comandă fiind opusă, acțiunea lor este nulă. La apariția unei tensiuni în rotorul SR, curenții debitați de cele două tiratroane devin inegali, amplidina primește excitație și debitează asupra servomotorului M. Servomotorul M este legat cu rotorul selsinului receptor printr'un reductor R. Dacă legăturile sunt bine făcute, rotirea servomotorului va determina o micșorare a unghiului de abatere a rotorului selsinului receptor față de poziția de referință. Invârtind rotorul selsinului emițător SE, după o anumită lege, rotorul selsinului receptor SR va urmări, cu o oarecare eroare, această mișcare. In această schemă amplidina servește numai ca amplificator de putere.

8. INCHEIERE

După cum a rezultat din cele de mai sus,

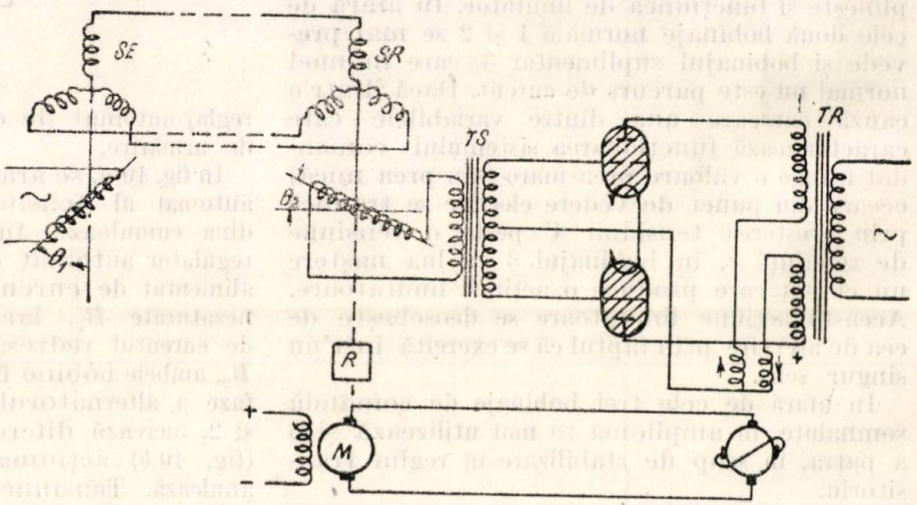


Fig. 12

amplidina este o mașină electrică de mare utilitate, care deschide larg drumul automa-

tizării proceselor de producție și reglaj. Datorită calităților sale de robustețe, de durabilitate, putere, cost redus și exploatare economică, amplidina este mult superioară oricărui amplificator de putere cunoscut.

Înțelegând acest lucru, la Institutul de Energetică al Academiei R. P. R. s'a luat în studiu posibilitatea realizării în țară a amplidinei. In urmă s'a lărgit conținutul acestui studiu, adăogând și elaborarea unei metode de proiectare pentru această mașină, întrucât în literatură nu se dau asemenea date. După un studiu amănunțit al literaturii de specialitate și a teoriei acestei mașini, s'a elaborat o metodă de proiectare — calculul preliminar — și s'a proiectat o amplidină de 2,5 kW, care s'a dat în execuție. O serie de concluzii expuse în prezentul articol au fost deduse de colectivul care a lucrat la această temă.

Din rezultatele obținute până în prezent avem convingerea fermă că în scurt timp această mașină electrică se va putea construi industrial și la noi în țară, contribuind astfel la introducerea pe scară largă a automatizării în țara noastră. O problemă ce se va pune în viitor va fi aceea a formării cadrelor care să știe să proiecteze și să regleze sistemele automate în care vor fi utilizate aceste mașini. Considerăm prezentul articol ca un prim pas făcut în această direcție.

★

ЭЛЕКТРОМАШИННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА — АМПЛИДИН

Резюме

Излагаются принципы работы, конструктивные особенности, характеристики стационарного режима, характеристики переходного режима а также и применения электромашинного усилителя.

DOCUMENTARE

RECENZII

Dolghinov A. I., Smirnov I. G., Iurenev V. D.: Punerea la pământ a conductorilor de protecție prin distanțe disruptive. Electricestvo (1952) Nr. 4.

In ultimii ani s'au făcut numeroase propuneri pentru izolarea conductorilor de protecție prin spații disruptive intercalate în legăturile la pământ și prin izolatori suport de 3 sau 6 kV pe piloni metalici. Conductorul, sau în cazul când există mai mulți, conductorii de protecție se pot utiliza astfel la alimentarea unor mici consumatori sau șantiere situate dealungul liniei, energia preluată comunicându-se prin inducție din circuitele principale. Pe aceste circuite se pot transmite, cu oarecare precauții, și comunicații de serviciu.

In Uniunea Sovietică s'au realizat pe câteva linii de înaltă tensiune astfel de circuite izolate, dar nu s'a dovedit pe cale științifică dacă acest procedeu împietează sau nu asupra funcțiunii corecte de protecție a conductorilor de protecție. Articolul prezintă rezultatele unor studii teoretice și experimentale, care aduc dovada că metoda este pe deplin justificată și nu scade valoarea protectivă la descărcări atmosferice directe și indirecte. Studiile s'au făcut în laboratorul de înaltă tensiune al Institutului de Energetică al Academiei de Științe din U.R.S.S. în colaborare cu sistemul Mosenergo.

Partea teoretică pleacă dela fenomenele fizice, așa cum se cunosc până în prezent, privitoare la descărcările atmosferice. Se analizează structura electronilor și viteza de propagare a vârfului descărcării, traiectoria probabilă, desfășurarea în timp a descărcării cu fazele ei, deformările câmpului în apropierea canalului de descărcare, etc. Se constată că fenomenul se poate studia în laborator pe modele reduse, ținând seama de legile similitudinei.

Prin calcule teoretice se deduce tensiunea indusă în conductorul de protecție în funcție de intensitatea medie în canalul principal de trăsnet. Deoarece această problemă este foarte interesantă, iar formulele sunt date în articol fără o deducere și cu unele greșeli de tipar, pentru lămurirea cititorilor, se dă în cele ce urmează deducerea acelor formule, făcându-se și rectificările necesare.

Potențialul φ a sursei punctiforme cu sarcina electrică Q într'un punct situat la o distanță r de acea sarcină, într'un mediu cu permitivitatea ε, se calculează din valoarea câmpului electric:

$$E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon} \cdot \frac{1}{r^2} = -\operatorname{grad}\varphi$$

Notând, ca în articol, componenta orizontală și verticală a câmpului cu E_x respectiv E_y dintr'o relație trigonometrică simplă verificabilă prin paralelogramul vectorilor rezultă:

$$E_y = E \cdot \frac{y}{r} = \frac{Qy}{4\pi\varepsilon} \cdot \frac{1}{r^3}$$

Sarcina canalului de trăsnet se exprimă prin sarcina lineară înmulțită cu lungimea canalului dela înălțimea H la care se află vârful descărcării până la nor, matematic până la infinit. Mai trebue să se ia în considerare că sarcinile se mișcă într'un singur sens și din câmpul sferic trebue, potrivit legilor oglindirii, să se rețină numai jumătate, anume partea orientată în direcția propagării.

Pentru a corespunde acestei condiții, curentul real al sarcinilor ce coboară se consideră a fi jumătate din curentul total produs de mișcarea sarcinei punctiforme, sau celace este echivalent curentul virtual care produce câmpul de forma dată, de două ori mai mare decât cel al curentului unidirecțional.

In acest sens calculul componentei verticale a câmpului se face corect prin formulele:

$$E_y = \int_H^\infty \frac{2\tau y\,dy}{4\pi\ \varepsilon r^3} = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon} \int_H^\infty \frac{y\,dy}{(a^2 + x^2 + y^2)^{3/2}} \qquad (1)$$

unde a este distanța laterală între canalul de trăsnet și linie. Integrarea se face imediat și rezultă just ca în articol,

$$E_y = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon} \frac{1}{\sqrt{a^2 + x^2 + H^2}}.$$

Admiţând că la înălţimea h a liniei câmpul este constant potenţialul conductorului în acest câmp este $U_h = Eyh$ şi însumarea dealungul conductorului de lungime l dă :

$$U_c = \frac{2}{l}\int_0^{l/2} U_h dx = \frac{2}{l}\int_0^{l/2} \frac{\tau h}{2\pi\varepsilon} \frac{dx}{\sqrt{a^2 + x^2 + H^2}} =$$

$$= \frac{\tau h}{\pi\varepsilon l} \ln \frac{\sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + H^2 + a^2}}{\sqrt{H^2 + a^2}} \qquad (2)$$

Exprimând densitatea lineară prin curentul mediu al descărcării principale i_p şi viteza de propagare ($c/5$) şi introducând valorile numerice ale constantelor rezultă :

$$U_c = 600\, i_p \frac{h}{l} \ln \frac{\frac{1}{2}\sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + d^2}}{d}$$

unde

$$d = \sqrt{(H^2 - h)^2 + a^2} = \sqrt{H^2 + a^2}.$$

Efectul de deformare a câmpului depinde de lungimea l a conductorului şi se exprimă prin raportul potenţialelor liniei cu şi fără conductor de protecţie în punctul cel mai apropiat de trăsnet $x = 0$, rezultând :

$$\alpha = \frac{2d}{l} \ln \left(\frac{l}{2d} + \sqrt{\left(\frac{l}{2d}\right)^2 + 1} \right) \qquad (4)$$

Deformarea crescând cu raportul l/d, influenţa conductorului de protecţie asupra orientării canalului de trăsnet creşte pe măsura apropierii descătcării de linie. Pentru menţinerea acţiunii de protecţie în cazul când trăsnetul apare lateral, conductorul de protecţie trebue să aibă o lungime deci o capacitate suficientă faţă de pământ.

Valoarea protectivă se poate păstra şi în cazul când conductorul de protecţie este izolat de pământ prin spaţii disruptive a căror tensiune de străpungere este mică în raport cu potenţialul indus de canalul de trăsnet. Chiar la lungimi relativ reduse a conductorului tensiunea acestuia creşte la apropierea trăsnetului atât de mult, încât spaţii mici disruptive se străpung şi conductorul ajunge la potenţialul pământului înainte de a primi descărcarea atmosferică. Această acţiune de protecţie se păstrează faţă de influenţele descărcărilor în apropierea liniei, cu condiţia ca spaţiul disruptiv să fie străpuns la un nivel mult mai redus decât nivelul izolaţiei liniei.

Partea experimentală se referă la o serie de încercări pe modele de dimensiuni reduse încercate în laborator cu unde de şoc. Experienţele s'au repetat de 10...20 ori spre a elimina dispersiunea statistică destul de mare a fenomenelor disruptive. S'au făcut următoarele constatări confirmate de oscilograme şi calcule statistice :

— conductori de protecţie de o lungime mai mare de 2...2,5 km au întreaga capacitate protectivă.

— conductori de protecţie izolaţi de pământ au o valoare protectivă proporţională cu lungimea lor care creşte în prezenţa celorlalţi conductori activi ai liniei, care deformează câmpul şi îndreaptă trăsnetele asupra conductorului de protecţie.

— străpungerea intervalului disruptiv are loc înainte ca linia să fie atinsă de descărcare, iar micşorarea distanţei disruptive măreşte valoarea protectivă a conductorului de protecţie. In orice caz conductorul izolat chiar prin spaţii disruptive mari, este aproape echivalent cu conductorul pus direct la pământ.

— pentru unghiuri de protecţie uzuale acţiunea de ecranare a conductorului de protecţie este echivalentă cu cea a conductorului pus la pământ, dacă intervalul disruptiv este mai mare de 60...70 mm.

— prin experienţe s'a confirmat că un interval disruptiv de 30 mm asigură în orice caz întreruperea curentului de însoţire.

In consecinţă experienţa efectuată cu o serie de linii având distanţe disruptive de 25—...40 mm şi la care nu s'a constatat nici o scădere a valorii protective a fost confirmată prin cercetări teoretice şi experimentale. Sistemul se poate introduce pe o scară largă în exploatare.

Conductorii de protecţie se pot utiliza pentru alimentarea cu energie a unor şantiere mobile dealungul liniei, pentru telecomunicaţii, canale de protecţie de semnalizare, etc. Izolarea conductorilor de protecţie, faţă de pământ permite controlul uşor a rezistenţelor de punere la pământ a stâlpilor liniei.

Lucrarea poate fi considerată ca model pentru o cercetare ştiinţifică documentată, dar expeditivă, teoretică şi experimentală, pusă direct în slujba exploatării. Introducerea protecţiei contra supratensiunilor este o problemă pe cât de importantă pe atât de actuală. Conductorii de protecţie se montează pentru a reduce deranjamentele şi arcurile datorite descărcărilor atmosferice. Utilizarea lor concomitentă pentru alte scopuri, fără micşorarea acţiunii protectoare, poate contribui în mod esenţial la justificarea economică a montării lor.

Cercetarea a început cu deducerea bazelor teoretice prin calculul potenţialului indus în linie de un canal de trăsnet ce se apropie. S'au făcut aproximaţiile cuvenite spre a obţine o formulă ce se poate aplica uşor. Apoi s'a trecut la experienţe pe modele la scară redusă, ceeace a permis repetarea experienţelor în serii şi obţinerea rezultatelor pe căle statistică. Numărul relativ redus de experienţe în fiecare serie nu a împiedicat ca din ele să se extragă concluzii calitative şi cantitative de cel mai mare interes.

Problema este extensibilă şi poate fi cercetată în continuare pentru a se face precizări şi a se aduce perfecţionări.

Drept critică se pot aduce următoarele observaţii : numărul experienţelor este relativ redus. Rezultatele se puteau încadra mai bine cu ajutorul teoriei probabilităţilor. Pentru înţelegerea formulelor teoretice s'au dat date insuficiente şi nu s'au eliminat unele greşeli de tipar.

Cu toate aceste observaţii, lucrarea rămâne exemplară, autorii meritând toată lauda pentru felul cum au pus şi rezolvat problema.

Dr. Ing. A. Avramescu

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academeiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească, în general, 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeț, pe ambele exemplare.
In mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografi; numărul lor să fie însă numai cel strict necesar înțelegerii textului.
Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9 × 12 cm.
Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, care să cuprindă neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu ce menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și foarte citeț. Indicii să fie scriși mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeț, numele și pronumele complect, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon, spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie, precum și domiciliul și circumscripția financiară pentru a li se putea remite drepturile de autor.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolelor și a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POȘTALE DELA ORAȘE ȘI SATE, PRIN FACTORI POȘTALI, PRIN PROPAGANDIȘTI, PRECUM ȘI LA SECȚIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

Tarif pentru întreprinderi — *LEI 96 anual*

„ pentru muncitori, tehnicieni, ingineri — *LEI 30 „*

AU APĂRUT IN:

EDITURA ENERGETICĂ

L. M. Piotrovschi: **Maşini electrice** (trad. din limba rusă) 788 pag. 65 lei

C. A. Crug: **Bazele electrotehnicii.** vol. II (trad. din limba rusă) . . . . . 508 „ 40 „

I. P. Jerebţov: **Radiotehnica pentru amatori** (trad. din limba rusă) . . . . . 462 „ 19,45 „

V. G. Borisov: **Tânărul radioamator** (trad. din limba rusă) . . . . . 344 „ 11,90 „

P. D. Sveţov: **Repararea, revizia şi exploatarea maşinilor şi turbinelor cu abur** (trad. din limba rusă) 220 „ 11,75 „

I. Simionescu şi B. Feldman: **Îndrumător pentru instalatorii electricieni** . . . . . 168 „ 6,55 „

S. D. Clemenţiev: **Releul fotoelectric şi aplicaţiile lui** (trad. din limba rusă) . . . . . 116 „ 1,75 „

A. S. Gorscov: **Indicii tehnico-economici ai centralelor termoelectrice** (trad. din limba rusă) . . . 420 „ 30,43 „

A. M. Comarov şi V. V. Lucnitchi: **Indreptar pentru termotehnicieni** (trad. din limba rusă) . . . . . 452 „ 26,55 „

M. M. Epanesnicov şi M. V. Socolov: **Iluminatul electric** (trad. din limba rusă) . . . . . 234 „ 11,56 „

V. N. Costocichin: **Instalaţii de tiraj prin aspiraţie şi refulare la centralele electrice. Ventilatoare.** (trad. din limba rusă) . . . . . 308 „ 17,08 „

COLECŢIA ENERGETICĂ

C. B. Mazel: **Redresori şi stabilizatori de tensiune** (trad. din limba rusă) . . . . . 120 „ 7,10 „

A. P. Zlatcovschi şi V. A. Şustov: **Posturi de transformare pe stâlpi** (trad. din limba rusă) . . . . 74 „ 4,75 „

E 2039

KAT

Institut de documentare Tehnică
BUCUREȘTI
ОБМЕН - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - СМЕНА

ENERGETICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Országos Műszaki Könyvtár

10

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT
1953

ENERGETICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacți

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNIC

Anul I ★ Octombrie 1953 ★ Nr. 10 Redacția: București, B-dul 1848 Nr. 10 ★ Tel. 3.07.3
3.57.2

SUMARUL

Pag.

* * *: Aniversarea Marii Revoluții Socialiste din Octombrie 1

HIDROENERGETICA

A. Bărglăzan, prof. dr. ing.: Hidroturbine autoregulatoare 4

M. Podani, ing.: Problemele automatizării centralelor hidroelectrice lucrând în cascadă 10

TERMOENERGETICA

I. Barbu, ing.: Noile concepții sovietice de clasificarea cărbunilor și aplicarea lor în R.P.R. . . 13

ELECTROENERGETICA

I. Constantinescu, prof. dr. ing.: Măsura conductivității solului 18

G. Drăgan, ing.: Folosirea descărcătorilor tubulari pentru protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice 21

ASPECTE TEHNICO-ECONOMICE ALE PROBLEMEI FACTORULUI DE PUTERE

Gh. Petrescu, prof. dr. ing.: Bazele tehnico-economice ale programului de îmbunătățire a factorului de putere 34

DIN EXPERIENȚA U.R.S.S.

L. Mihail, ing.: Perspectivele de desvoltare a energeticei sovietice în viitorul apropiat 42

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

* * *: Годовщина Великой Октябрьской Социалистической Революции . . . . . .

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

А. Быргэзан: Саморегулирующиеся гидротурбины . . . . . .

М. Подани: Вопросы автоматизации каскадных гидроэлектростанций 1

ТЕРМОЭНЕРГЕТИКА

И. Барбу: Новые советские воззрения о классификации углей и их применение в Р.Н.Р. . . . 13

ЭЛЕКТОЭНЕРГЕТИКА

И. Константинеску: Измерение проводимости грунта 18

Г. Драган: Применение трубчатых разрядников для защиты электроустановок от атмосферных перенапряжений 21

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СТОРОНА ВОПРОСА КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Г. Петреску: Технико-экономические основы программы улучшения коэффициента мощности . 34

ИЗ ОПЫТА СССР

Л. Михаил: Перспективы развития советской энергетики в ближайшем будущем 42

TULADONA

ANIVERSAREA MARII REVOLUȚII SOCIALISTE DIN OCTOMBRIE

La 7 Noembrie 1953 s'au împlinit 36 de ani dela evenimentul care a schimbat tot mersul istoriei omenirii, care a deschis lumii întregi calea spre desființarea oricărei forme de exploatare a omului de către om.

Aniversarea acestei zile a devenit scumpă celor ce muncesc, căci ea a însemnat evenimentul cel mai de seamă din întreaga istorie a societății omenești, cotitură hotărîtoare dela lumea veche capitalistă, la lumea nouă socialistă.

Prin luptele duse de veacuri, masele exploatate și asuprite n'au izbutit decât să schimbe pe unii exploatatori cu alții, dar n'au reușit să înlăture exploatarea omului de către om.

Marea Revoluție Socialistă din Octombrie a sfărâmat prânduirea capitalistă și a construit pe a șasea parte din globul pământesc o nouă orânduire, în care nu mai există exploatare și asuprire, deschizând în același timp o epocă nouă în istoria omenirii, epoca prăbușirii sistemului capitalist, epoca revoluțiilor proletare și a victoriei socialismului.

Din primele zile ale existenței sale, Statul Sovietic a exercitat o puternică influență asupra desvoltării mișcării revoluționare din celelalte țări, toți exploatații și asupriții din lumea întreagă înțelegând că victoria primei revoluții socialiste nu a însemnat numai eliberarea proletariatului și țărănimii din Rusia țaristă, ci începutul eliberării proletariatului mondial, începutul eliberării tuturor celor ce muncesc din toată lumea.

Sub conducerea lui Lenin și Stalin, Țara Sovietelor a învins greutățile și a înlăturat piedicile ridicate de dușmani, care au aruncat cu furie armatele a 14 state capitaliste pentru a distruge primul stat al dictaturii proletariatului. Uniunea Sovietică a devenit în scurtă vreme o uriașe putere industrială, țara agriculturii înaintate și a culturii socialiste înfloritoare.

Construind cu succes socialismul și întărindu-se neîncetat, Uniunea Sovietică a dovedit că nu există forță în lume în stare să oprească mersul înainte spre socialism.

Victoria Marii Revoluții Socialiste din Octombrie a făcut ca și construirea societății socialiste în Țara Sovietelor să devină posibilă, datorită forței sociale puternice, care este alianța clasei muncitoare cu țărănimea muncitoare, alianță ce a învins împotrivirea forțelor societății capitaliste și a dat câmp de desvoltare liberă legii economice obiective a concordanței obligatorii a relațiilor de producție cu caracterul forțelor de producție. Sprijinindu-se pe această lege economică obiectivă, puterea sovietică a socializat mijloacele de producție, le-a făcut proprietatea întregului popor și a desființat astfel sistemul de exploatare creând formele economice socialiste.

Politica de industrializare socialistă, de colectivizare a agriculturii, a dus la faptul că în anii măreților cincinale staliniste de dinainte de război, Uniunea Sovietică a făcut un mare salt înainte, transformându-se dintr'o țară agrară înapoiată din punct de vedere tehnic și economic într'un stat socialist industrial, puternic și înaintat.

Cei 36 de ani, care au trecut până acum, au confirmat și dovedit forța și vitalitatea orânduirii sociale și de Stat sovietice. Uniunea Sovietică a făcut față cu cinste grelelor încercări ale Marelui Război pentru Apărarea Patriei și a salvat lumea de primejdia robiei fasciste.

Ca rezultat al Revoluției din Octombrie, care a deschis epoca revoluțiilor eliberatoare din colonii, crește avântul luptei popoarelor din țările coloniale și dependente, pricinuind destrămarea sistemului colonial.

Puternic se ridică mișcarea pentru apărarea Păcii, amenințată de imperialiștii americani, mișcare de masă, care este cea mai largă din cele cunoscute în istorie și care arată cât de fierbinte este voința popoarelor pentru menținerea și apărarea păcii.

Anul acesta, serbând a 36-a aniversare a Marii Revoluții Socialiste din Octombrie, popoarele lumii au întâmpinat acest eveniment în condițiile slăbirii continue a sistemului capitalist mondial, care este zdruncinat din temelii de contradicțiile adânci din sânul lui. Armistițiul din Coreea a fost o lovitură puternică dată atâțătorilor la război verificând principiul că nu există chestiuni litigioase care să nu poată fi rezolvate pe calea tratativelor, așa cum a arătat tovarășul Malencov.

Astăzi, Uniunea Sovietică nu mai este singură în fața imperialismului agresiv, ea nu mai este în situația de izolare internațională. Strâns unite în jurul Uniunii Sovietice, sub steagul internaționalismului, au apărut țările de democrație populară începând din China și Coreea și până în Ungaria și Cehoslovacia. Cu ajutorul frățesc al Uniunii Sovietice și prin colaborarea reciprocă, ele se desvoltă și se întăresc necontenit. Steagul Marii Revoluții Socialiste din Octombrie, purtat de Lenin și Stalin, este dus astăzi de o treime a omenirii, de 800 milioane oameni.

In apărarea păcii, se ridică astăzi și forțele democratice din lumea capitalistă. In fruntea acestora, se află eroicele partide comuniste, care sprijină politica de pace a Uniunii Sovietice,

conștiente fiind că orice sprijin dat luptei pentru pace înseamnă sprijinirea propriului lor popor în lupta pentru libertate și o viață mai bună.

Marea prietenie și strânsa colaborare frățească, care unește țările lagărului păcii și socialismului, formează un zid de care se lovesc și se sfarmă toate încercările criminale ale imperialiștilor, care încearcă prin toate mijloacele să dezlănțuie un nou război mondial, sperând astfel că vor putea stăvili mersul irezistibil al omenirii înainte spre libertate și progres.

In timp ce pregătirile de război, pe care le desfășoară țările blocului Atlantic și în primul rând Statele Unite, sunt însoțite de fascizarea vieții publice în aceste țări, în timp ce se adâncește pauperizarea oamenilor muncii, iar profiturile marilor monopoluri cresc în mod scandalos, Partidul Comunist al Uniunii Sovietice se îngrijește neîncetat de satisfacerea nevoilor materiale și culturale mereu crescânde ale oamenilor muncii.

Pe baza succeselor dobândite în desvoltarea industriei grele, s'au creat toate condițiile necesare pentru a organiza un avânt vertiginos al producției de articole de larg consum.

Recentele Hotărîri, adoptate de Consiliul de Miniștri al U.R.S.S. și de Comitetul Central al Partidului Comunist al Uniunii Sovietice cu privire la măsurile pentru desvoltarea continuă a agriculturii în U.R.S.S., la lărgirea producției de mărfuri alimentare și a producției de mărfuri industriale de larg consum, precum și Hotărîrea cu privire la măsurile pentru desvoltarea continuă a comerțului sovietic, reprezintă un program gigantic, care își va găsi expresia în creșterea necontenită a venitului național, în reducerea sistematică a prețurilor mărfurilor de larg consum, în ridicarea salariului real al muncitorilor și funcționarilor și a veniturilor țăranilor.

In cursul acestui an, industria sovietică va produce: 5 300 milioane metri țesături de bumbac; peste 200 milioane metri țesături de lână; 400 milioane metri țesături de mătase; 3 600 000 tone de zahăr; 400 000 tone grăsimi, iar până la sfârșitul anului 1955, cifrele de plan au fost astfel corectate la mărfurile alimentare și industriale, încât să depășească cu 65% producția anului 1950.

Deasemenea, agricultura sovietică, isvorul principal de aprovizionare a populației cu alimente și a industriei ușoare cu materii prime, va lua o desvoltare și un avânt continuu, prin înzestrarea ei cu mijloace tehnice moderne, prin mecanizarea completă a multor categorii de munci.

Înfăptuirea acestei sarcini în cel mai scurt timp va ridica Țara Sovietelor pe o nouă culme ducând la înflorirea multilaterală a societății socialiste, va însemna un pas uriaș înainte pe calea spre comunism.

Aniversând ziua de 7 Noembrie, poporul nostru muncitor este conștient că toate cuceririle sale istorice, precum și faptul că a devenit stăpân pe propria lui soartă și că își poate făuri o viață fericită, își au isvorul în puternica influență avută de Marea Revoluție Socialistă din Octombrie asupra mișcării muncitorești din țara noastră.

Dela înființarea sa, Partidul Comunist s'a așezat în fruntea maselor și a luat conducerea luptei claselor muncitoare împotriva exploatării precum și împotriva înstrăinării avuțiilor țării de către burghezo-moșierime.

Aplicând teoria marxist-leninistă la condițiile istorice ale desvoltării țării noastre, precum și la specificul intensificării luptei de clasă dela noi, Congresul al V-lea a arătat rolul de hegemon al proletariatului în realizarea sarcinilor istorice ce stăteau în fața poporului muncitor din țara noastră.

Sub conducerea Partidului Comunist, clasa muncitoare a înscris în 1933 la Grivița și pe Valea Prahovei, una din paginile glorioase ale poporului nostru.

In condițiile dictaturii fasciste și a celei antonesciene, care ne-au târît în războiul nejust contra Uniunii Sovietice, sarcina principală a Partidului Comunsit a fost de a mobiliza pe toți patrioții în lupta de eliberare națională.

Eliberarea patriei noastre de către glorioasele Armate Sovietice a deschis drumul forțelor muncitorești și democratice conduse de Partid, spre instaurarea regimului democrat-popular.

Partidul Muncitoresc Român, devenit forța conducătoare în țara noastră, este deci rezultatul unui proces îndelungat de desvoltare istorică a poporului nostru, al luptei sale de veacuri pentru eliberarea socială și națională, ridicată pe o treaptă superioară de mișcarea muncitorească revoluționară.

Succesele luptei clasei muncitoare i-au permis ca — în alianță cu țărănimea muncitoare — sub conducerea Partidului, să ia în mâinile sale întreaga putere politică în stat, să instaureze regimul de democrație populară care construește socialismul, folosind învățătura, experiența și ajutorul neprecupețit al Uniunii Sovietice.

Legăturile de tip nou dintre Uniunea Sovietică și Republica Populară Română s'au desvoltat necontenit sub steagul internaționalismului proletar, al ideilor victorioase marxist-leniniste.

Prietenia și ajutorul sovietic sunt pentru noi un isvor de forțe nesecate, un îndrumător sigur și puternic spre progres. Patria noastră a obținut importante succese în lichidarea înapoierii economice și culturale a țării, în construirea unei vieți noi pentru cei ce muncesc.

Dacă ne vom referi numai la unul din sectoarele mai importante și anume la sectorul electrificării, vom constata că ajutorul Uniunii Sovietice a fost hotărîtor în decursul celor trei ani care au trecut dela elaborarea planului nostru de electrificare.

Termocentrala Ovidiu II a fost concepută și proiectată de specialiștii sovietici. Proiectele au fost alcătuite pe baza celor mai înaintate cuceriri ale tehnicii sovietice, iar utilajul a fost fabricat în întregime în U.R.S.S.

Inginerii, tehnicienii, montatorii sovietici au venit să ajute tehnicienilor și muncitorilor noștri să ridice această construcție de o mare importanță pentru ridicarea economică și culturală a Do-

brogei, atât de vitregită în regimul burghezo-moșieresc.

Deasemenea, Uniunea Sovietică ne furnizează proiectele și echipamentul pentru majoritatea centralelor, prevăzute în planul de electrificare, precum și pentru o serie de fabrici noi din această ramură industrială.

Șantierele lucrează cu numeroase utilaje sovietice: compresoare, perforatoare, benzi transportoare, fabrici de ciment, agregate de hidromecanizare, etc.

Fabricile de mașini electrice au fost utilate cu mașini-unelte sovietice: strunguri, freze, raboteze, etc., care le-au mărit considerabil productivitatea.

Bazată pe un fundament teoretic profund, experiența sovietică în domeniul energeticei și electrotehnicei este de un neprețuit folos celor care lucrează în sectorul electric, astfel ridicându-se tehnicitatea în industria și pe șantierele noastre.

Literatura științifică și tehnică, rod al creației sovietice și formă eficace de ajutor pentru ridicarea permanentă a tehnicii și productivității muncii și deci a nivelului de trai material și cultural al poporului nostru muncitor, au drept caracteristice principale înaltul nivel științific și tehnic, prezentarea într'o formă accesibilă, pentru ca să poată fi însușite cu ușurință de cei cărora li se adresează, date și metode verificate prin strălucita experiență sovietică și prezentate cititorului fără rezerve în ceeace privește concepția, fabricația, funcționarea, etc. Aceste caracteristici le poate avea numai un ajutor acordat în cadrul internaționalismului proletar.

O însemnată parte în creșterea și perfecționarea producției o are aplicarea minunatelor metode sovietice în muncă, o altă formă importantă a ajutorului tovărășesc pe care îl primim din partea U.R.S.S.

Muncitorii, tehnicienii și inginerii noștri folosesc din ce în ce mai mult metodele stahanoviștilor sovietici. Studierea, însușirea și aplicarea a acestor metode ia în țara noastră din ce în ce mai mult caracterul de mișcare de masă.

Pășind pe drumul socialismului, în fața poporului muncitor din țara noastră au stat și stau sarcini mărețe. Socialismul este de neconceput fără un avânt puternic al forțelor de producție, fără o puternică industrie grea și o industrie desvoltată producătoare de bunuri de larg consum, fără o agricultură mecanizată, fără o cultură nouă, bun al maselor largi populare.

Industria grea, baza desvoltării întregii economii naționale, se află în necontenită creștere. Industria bunurilor de larg consum se desvoltă deasemeni pe linia ascendentă. Situația gospodăriilor țărănești mici și mijlocii s'a îmbunătățit.

Ridicarea producției agricole constitue o condiție esențială în desvoltarea economiei naționale, în creșterea nivelului de trai al maselor. Astfel, pentru desvoltarea producției agricole în 1953—1955, se vor face investiții de circa 6 miliarde lei, adică mai mult decât îndoitul celor din 1950—1952.

Partidul, al cărui scop suprem este făurirea fericirii poporului, se călăuzește în politica sa, în mod consecvent, după linia politică de construire a socialismului, a cărei lege economică supremă este asigurarea satisfacerii — într'o măsură tot mai mare — a nevoilor materiale și culturale ale poporului muncitor, a adoptat un program de măsuri economice menite să lichideze lipsurile și să dea un nou avânt creșterii bunei stări a poporului, prin ridicarea producției agricole, sporirea bunurilor de larg consum, pentru obținerea unei abundențe de produse.

Programul amplu de măsuri elaborat de Partid trebue să ducă — începând din trimestrul IV al anului 1953 și în cursul următorilor doi ani — la o perioadă de îmbunătățire a condițiilor de trai ale clasei muncitoare, ale oamenilor muncii din orașe și sate.

Traducând în viață politica Guvernului și Partidului, oamenii muncii din uzine, fabrici, întreprinderi, șantiere, se străduesc să obțină cât mai multe produse de larg consum.

Sărbătorind a XXXVI-a aniversare a istoricei zile de 7 Noembrie oamenii muncii din țara noastră, asemeni ce'or ce muncesc din toate țările lumii, își îndreaptă privirile cu și mai multă dragoste și recunoștință către măreața patrie a Revoluției Socialiste, reazimul păcii și libertății popoarelor.

HIDROTURBINE AUTOREGULATOARE

Prof. dr. ing. A. BĂRGLĂZAN

In domeniul mașinilor hidraulice, o problemă importantă și încomplect rezolvată până acum este aceea a regulării lor și în special a autoregulări i. In cadrul turbinelor mari, de tipul Kaplan s'au realizat unele progrese importante în această direcție, prin propunerile ing. Nesâtov. Pentru turbinele mici de toate tipurile, s'au preconizat metode și construcții pentru realizarea autoregulării cât mai simple și mai economice.

In construcția turbinelor hidraulice, nu se mai pune problema îmbunătățirii randamentului, întrucât acesta a atins valori aproape limite. Prin cercetările aprofundate, asupra diferitelor părți componente ale unei turbine, pierderile respective au fost reduse aproape la minimum. Nu rareori randamentul turbinelor mari depășește valoarea de 95%, ceeace înseamnă că suma tuturor pierderilor la trecerea apei prin turbină nu atinge nici 5%; din puterea turbinei.

Este adevărat că problema turbinelor hidraulice prezintă un aspect special chiar din punctul de vedere al randamentului, și anume fiecare situație de pe teren implică o anumită soluție și pentru această soluție trebue reduse pierderile la minimum, prin cercetări executate pe modele în laborator. In construcția turbinelor mari, nu se poate stabili soluția definitivă fără a se ține seama de condițiile locale unde va fi instalată turbina și anume : cota terenului, natura fundației, posibilitățile de așezare a turbinei, ax vertical sau ax orizontal, tubul de aspirație drept sau curb, etc. Adeseori, aceste condiții impun soluția pentru turbine.

Pentru asigurarea unui randament ridicat la turbinele dela marile centrale hidroelectrice dela Kuibâșev și Stalingrad, se fac studii speciale în diferitele laboratoare din U.R.S.S., unde se studiază toate părțile componente ale turbinei pentru a se reduce pierderile la minimum și pentru a se stabili soluția optimă din punct de vedere al siguranței în funcționare (cavitație), ținând cont în aceste cercetări de condițiile locale speciale.

Dacă randamentul turbinelor hidraulice nu mai constitue o problemă nerezolvată pentru constructorii de turbine, mai există totuși probleme de rezolvat în legătură cu siguranța în funcționare și cu regularea turbinelor.

Un fenomen care pericliteză siguranța în funcționare a unei mașini hidraulice este fenomenul de cavitație, care este unul din factorii ce limitează domeniul de aplicație al diferitelor tipuri de turbine. El este inamicul cel mai de seamă al tuturor construcțiilor hidraulice și în special al mașinilor hidraulice. Tipul de turbină hidraulică, la care se aplică mai mult cele arătate mai sus este tipul axial, Kaplan.

Tipul de turbină Kaplan prezintă mari avantaje în cazul căderilor mici și debitelor mari. Curba de garanție $\eta = f(N)$ a acestor turbine având o alură foarte favorabilă, se caută a se utiliza astfel de turbine la căderi din ce în ce mai mari.

Inălțimea de cădere, la care se pot utiliza astfel de turbine, este limitată de apariția fenomenelor de cavitație.

Intr'adevăr, turația turbinelor se poate scrie :

$$n = \frac{60}{\pi}\sqrt{\frac{\eta g H\left(1+\frac{tg\,\alpha}{tg\,\beta}\right)}{\frac{4Q}{\pi\psi\sqrt{2g\Delta H}}}} = \text{ctă}\,\frac{H^{3/4}\Delta^{3/4}}{Q^{1/2}} = n_{11}Q_{11}^{1/2}\frac{H^{3/4}}{Q^{1/2}}$$

Se observă de aici că turația turbinelor Kaplan, care funcționează în general la căderi mici și debite mari, depinde de coeficientul

$$\Delta = \frac{V_2^2}{2g\,H_n}.$$

In general, pentru soluții economice, se cere o turație mare, deci un Δ mare. Insă acest coeficient la rândul lui influențează coeficientul critic de cavitație, σ_{cr}.

$$\sigma_{cr} = \eta_a\,\Delta + U_{p\,max}\,\lambda_\infty^2\,;\quad \eta_a = \frac{\frac{V_2^2}{2g} - h_p}{\frac{V_2^2}{2g}}$$

$$\text{și}\quad \lambda_\infty = \frac{W_\infty}{\sqrt{2g\,H_n}}$$

care se mai poate scrie :

$$\sigma_{cr} = \frac{\frac{p_{at}}{\gamma} - H_a}{H_n}.$$

In cazul când Δ are valori mari, deci σ_{cr} este mare, rezultă o sarcină de aspirație H_a negativă.

$$H_a = \frac{p_{at}}{\gamma} - \sigma H_n.$$

O sarcină negativă mare înseamnă o construcție neeconomică a centralei sau în unele împrejurări chiar imposibilă.

De exemplu, să presupunem că, coeficientul calculat σ_{cr} are valoarea $\sigma_{cr} = 1{,}8$ și sarcina $H_n = 60$ m. Pentru sarcina de aspirație admisibilă, rezultă $H_a = 10{,}33 - 1{,}8 \cdot 60 = -97{,}67$m, deci — pentru ca turbina să poată funcționa

fără ca fenomenul de cavitație să-și facă apariția — va trebui ca rotorul turbinei să fie așezat la 97,67 m sub nivelul din aval al apei, deși căderea totală disponibilă este numai de $H_n = 60$ m.

Valoarea coeficientului critic de cavitație depinde, după cum se vede din expresia de mai sus, nu numai de coeficientul Δ, care influențează în mare măsură turația n a turbinei și are valorile maxime cunoscute de $\Delta_{max} = 0{,}5$, ci și de coeficientul de repartiție a presiunilor pe profilul paletei în zona cea mai periculoasă K_{pmax}.

Coeficientul $K_{pmax} = 1 - \left(\frac{W_{max}}{W_\infty}\right)^2$ depinde în mare măsură și de forma profilului. Astfel, în cazul când din motivele expuse mai sus se consideră valori mari pentru Δ, trebue cercetate în mod special profilele din care se compune paleta, pentru ca, coeficientul K_{pmax} să aibă valoarea minimă. Problema aceasta se rezolvă în mod practic printr'o cercetare simultană, teoretică și experimentală în laborator a diferitelor profile, din care se compune paleta rotorului turbinei Kaplan.

In cazul tuturor turbinelor, problema cea mai importantă este aceea a regulării lor. Orice mașină producătoare de energie trebue să-și mențină turația în anumite limite foarte bine determinate, indiferent de încărcarea mașinii. Atâta vreme cât cuplul motor $C_m = C_r$, respectiv puterea produsă este egală cu puterea cerută de rețeaua electrică, nu există niciun motiv ca turația să varieze.

$$I \frac{d\omega}{dt} = C_m - c_r = 0\,; \quad \omega = \text{const.}$$

In general, cuplul rezistent respectiv încărcarea mașinilor variază incontinuu în limite foarte mari. Pentruca în aceste împrejurări turația să se mențină constantă, este nevoie de un aparat de regulare la toate mașinile producătoare de forță. Sistemul de regulare la turbinele hidraulice este cu mult mai complicat decât la alte mașini, deoarece sistemul de regulare trebue să acționeze asupra apei, care este un fluid cu o inerție considerabilă. Un astfel de sistem de regulare complex prezintă un avantaj important, în sensul că diferitele funcțiuni ale lui pot fi variate în limite foarte largi, cum este de exemplu : statismul, gradul de neregularitate (care poate fi variat dela 0 până la valoarea maximă dorită), readucerea, stabilitatea (care poate fi foarte ușor influențată), punerea în paralel, automatizarea, etc.

Dacă în cazul turbinelor de putere mare sistemul de regulare din punctul de vedere al costului nu reprezintă un procent prea mare din costul total, în cazul turbinelor sau grupurilor de putere mai mică, adeseori costul sistemului de regulare este de același ordin de mărime cu al grupului. Din acest motiv, la turbinele de putere relativ mică se pune tot mai mult problema simplificării sistemului de regulare.

In cazul turbinelor Kaplan cu paletele rotorului mobile (fapt care face ca ele să prezinte avantaje deosebite) sistemul de regulare este complicat, din cauza construcției necesare la rotirea paletelor rotorului, în concordanță cu mișcarea paletelor rotorului, atunci când încărcarea turbinei variază.

Pentru simplificarea turbinei Kaplan s'au realizat turbine de acest tip cu paletele statorului fixe și rezultatele obținute au arătat că astfel de turbine se comportă ceva mai bine decât turbinele Kaplan cu paletele rotorului fixe. Imbunătățirea funcționării se poate obține numai prin mobilitatea simultană a ambelor sisteme.

O îmbunătățire s'a adus prin turbinele numite autoregulatoare, la care unul din sistemele mobile (rotor stator) se acomodează în mod automat la poziția corespunzătoare randamentului optim.

In cazul când paletele rotorului sunt acelea care se acomodează în mod automat la poziția paletelor statorului, este important să aflăm pentru axul de rotație al paletelor rotorului, o astfel de poziție încât rezultanta forțelor care acționează asupra profilului să tindă să așeze paletele la un unghiu care asigură randamentul maxim pentru poziția corespunzătoare a paletelor statorului.

Momentul forțelor hidraulice este echilibrat de forța transmisă paletei de către pistonul unui mecanism special plasat în butucul rotorului. In figura 1 se poate vedea schema forțelor la o turbină autoregulatoare.

Dacă suprafața pistonului este S și presiunea p, condiția de echilibru este : $S \cdot p \; b = R \, d$.

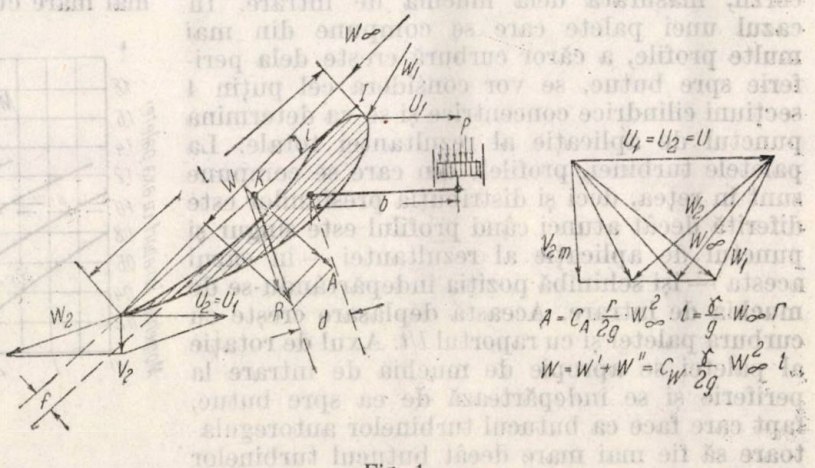


Fig. 1

Se observă că pentru echilibru are o deosebită importanță poziția punctului de aplicație al rezultantei R. La profilele uzuale în construcția turbinelor, acest punct depinde

de unghiul de incidență i și curbura f a profilului (fig. 2).

Pentru incidențe mici (4°...9°) normale în cazul turbinelor, punctul de aplicație K al

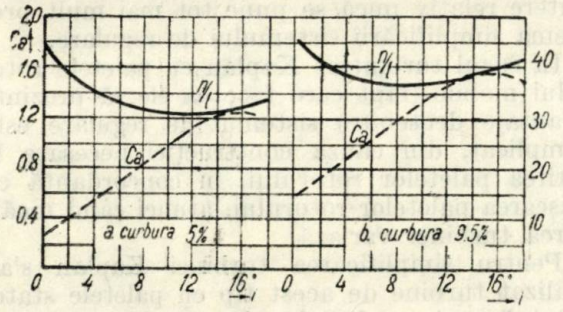


Fig. 2

rezultantei rămâne aproximativ constant. Legea după care variază poziția punctului de aplicație cu curbura profilului a fost stabilită pe baza unei serii de măsurători pe profile de curburi diferite și este de forma:

$$\frac{IK}{l_{min}} = 0{,}25 + 1{,}25\ f/l \quad \text{(fig. 3)}$$

Pentru un profil cu curbura medie de 8%, punctul de aplicație al rezultantei este situat

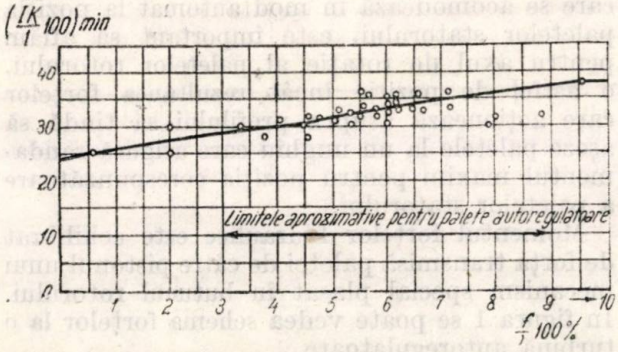


Fig. 3

la o distanță egală cu 35% din lungimea l a corzii, măsurată dela muchia de intrare. In cazul unei palete care se compune din mai multe profile, a căror curbură crește dela periferie spre butuc, se vor considera cel puțin 4 secțiuni cilindrice concentrice și se va determina punctul de aplicație al rezultantei totale. La paletele turbinei, profilele din care se compune sunt în rețea, deci și distribuția presiunilor este diferită decât atunci când profilul este singur și punctul de aplicație al rezultantei — în cazul acesta — își schimbă poziția îndepărtându-se de muchia de intrare. Această deplasare crește cu curbura paletei și cu raportul l/t. Axul de rotație al paletei se apropie de muchia de intrare la periferie și se îndepărtează de ea spre butuc, fapt care face ca butucul turbinelor autoregulatoare să fie mai mare decât butucul turbinelor Kaplan obișnuite.

La încercările făcute pe modele de astfel de turbine s'au constatat următoarele:

1. Paletele rotorului se mișcă în concordanță cu paletele statorului. Faptul acesta este ușor de înțeles pentrucă, prin deschiderea paletelor statorului, crește unghiul de incidență la paletele rotorului și odată cu el crește forța portantă, iar punctul de aplicație al rezultantei se deplasează spre muchia de ieșire a paletei și deci momentul hidraulic va tinde să rotească paletele rotorului spre deschidere. Paletele se rotesc până când — din cauza micșorării unghiului de incidență — se atinge o nouă poziție de echilibru, adică momentul hidraulic a devenit egal cu momentul creat de mecanismul de echilibrare. La turbinele autoregulatoare, mișcarea paletelor rotorului se face simultan cu mișcarea paletelor statorului pe când la turbinele Kaplan obișnuite paletele rotorului se mișcă de 4—5 ori mai încet decât paletele statorului.

2. Prin alegerea corectă a formei paletei și a poziției axului de rotație, la turația normală se poate realiza un moment hidraulic aproape constant, care asigură rotația spre deschiderea în toate regimurile de funcționare ca turbină Kaplan (fig. 4) unde $\beta = \beta_\infty - i$, α deschiderea statorului la turația n = const. Punctele A, B, C, D, E, F, — aproape colineare corespund regimului Kaplan la n = const — deci momentul hidraulic în raport cu axul paletei poate fi echilibrat singur de momentul creat de mecanismul de echilibrare. In cazul când sarcina H variază, va varia și momentul hidraulic deci va trebui să varieze și momentul de echilibrare, fapt care se poate realiza prin variația presiunii p.

3. La pornirea turbinei apare o tendință puternică de deschidere a paletelor rotorului.

4. In cazul când turbina se ambalează, paletele se deschid puternic, deoarece unghiul de incidență se micșorează mult și — odată cu el — se micșorează și momentul. Crescând viteza tangențială, crește și viteza relativă și odată cu ea crește și forța care dă momentul hidraulic spre deschidere, aceasta fiind proporțională cu patratul vitezei relative. Este ușor de înțeles că tendința de deschidere la ambalare este cu atât mai mare cu cât numărul paletelor rotorului va

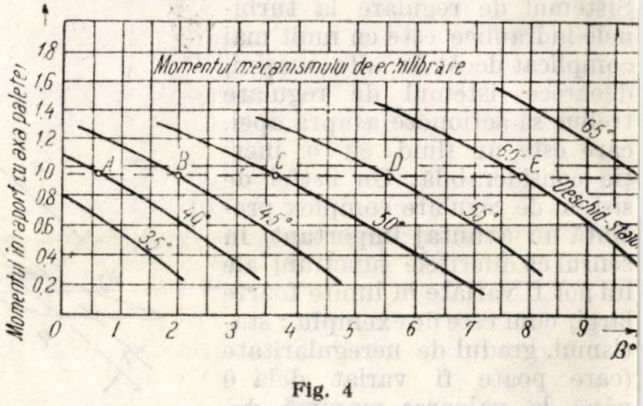


Fig. 4

fi mai mare, pentrucă forța care dă momentul este proporțională și cu suprafața paletelor.

Un tip de turbină autoregulatoare de N = = 10 000 CP la H = 18,6 m și n = 200 t/min se poate vedea în figura 5.

In cazul acestor turbine, pentru a se evita pericolul ruperii coloanei de apă din tubul de aspirație la descărcare bruscă datorită închideri

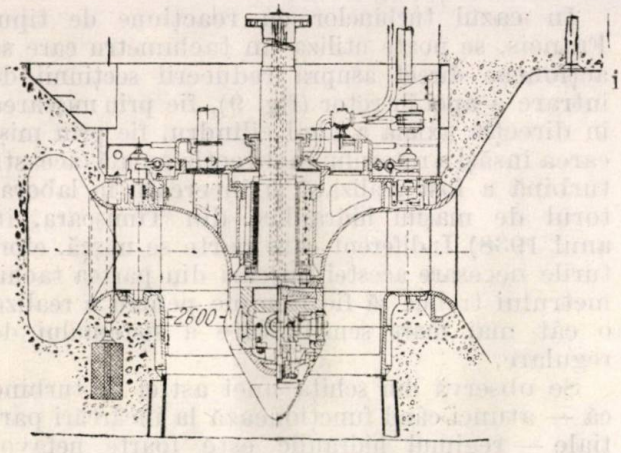


Fig. 5

rapide a paletelor autoregulatoare, se prevede o instalație pentru aspirarea aerului cu supape automate (fig. 6).

Această instalație trebue să permită introducerea aerului atât după paletele statorului în

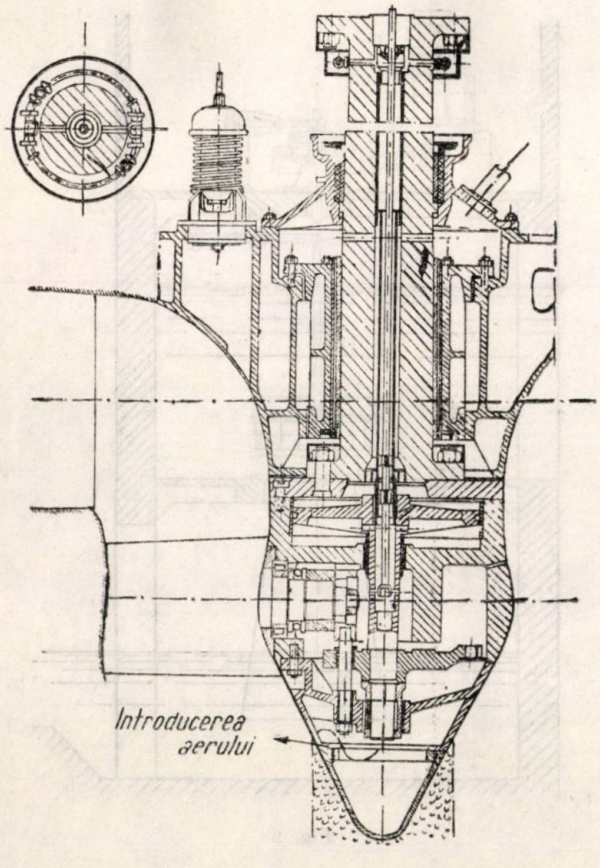


Fig. 6

coroana turbinei, cât și după paletele rotorului prin butuc. Aceste supape trebue astfel reglate, încât să se deschidă la o depresiune de 5 m coloană de apă. Prin introducerea aerului în aceste locuri — în cazul când își face apariția o depresiune — se îmbunătățește funcționarea turbinei atât din punct de vedere al randamentului, cât și din punct de vedere al evitării fenomenului de cavitație, cu toate consecințele lui dăunătoare. O altă rezolvare a acestei probleme a fost dată de inginerul sovietic C. I. Nesâtov. Pentru rotirea paletelor rotorului în jurul axului lor, Nesâtov folosește deformațiile elastice de torsiune ale unei bare rotunde (fig. 7).

Din figura 7 se poate observa că arborele turbinei, la partea lui superioară, este găurit pe o distanță oarecare. In această gaură, se introduce o bară rotundă din oțel superior care lucrează la torsiune. Lungimea barei se alege în așa fel ca unghiul de deformare când se transmite momentul total de torsiune al turbinei să fie apropiat de unghinl de rotire al paletelor rotorului ($20^0 \ldots 25^0$); montajul este astfel făcut încât bara este solicitată numai de momentul de torsiune. La capătul arborelui găurit este montată o roată dințată conică, care se angrenează cu sectoarele dințate fixate rigid pe axele paletelor rotorului. Când turbina lucrează în gol, momentul de torsiune de pe palete este nul, bara elastică este liberă de momentul exterior (bara are o torsiune inițială creată în mod artificial), paletele rotorului sunt fixate sub un unghi de 15^0. Când crește încărcarea generatorului, crește și puterea turbinei prin deschiderea statorului. Momentul de torsiune crește și bara elastică se deformează, provocând rotirea paletelor rotorului spre deschidere (datorită mișcării relative a barei față de arbore). Unghiul de deformare al barei elastice este dat de relația :

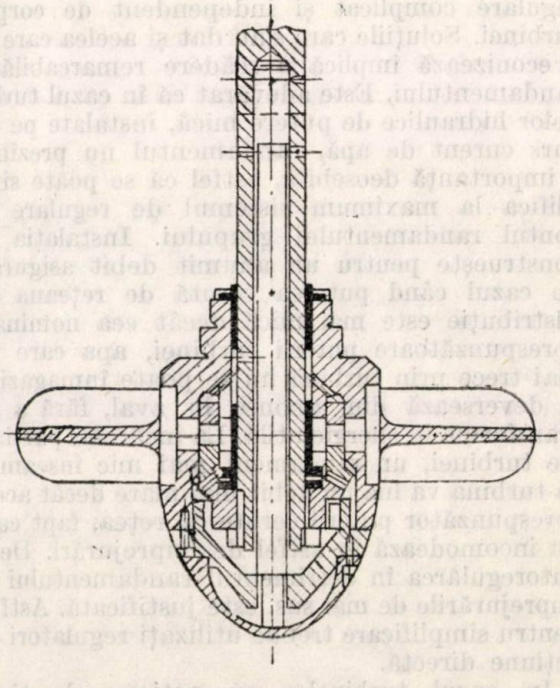


Fig. 7

$$\theta = \frac{180\ M_t l}{\pi G I}.$$

Unghiurile de rotire ale paletei sunt proporționale cu unghiurile de torsiune și deci proporționale cu încărcarea turbinei.

La aceste turbine, în cazul descărcărilor bruşce, îşi pot face apariția oscilații elastice ale barei şi deci ale paletei. Aceste oscilații se pot înlătura printr'o bună alegere a dimensiunilor barei elastice sau prin utilizarea unui amortizor.

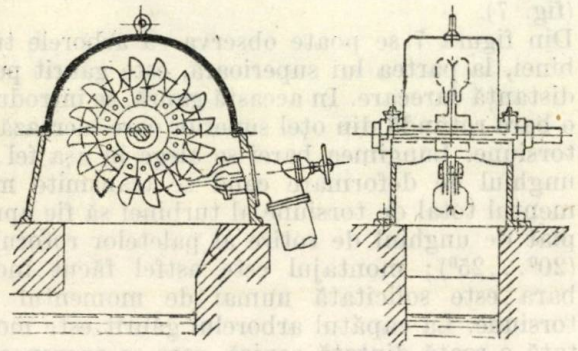


Fig. 8

La acest tip de turbină nu se poate varia independent puterea după o anumită lege, deaceea debitul şi turația unei astfel de turbine trebue supuse unei reglări simultane.

Autoregularea prezintă o importanță deosebită în cazul turbinelor mici, unde un sistem de regulare obişnuit este prea scump față de costul total al turbinelor.

Autoregularea, în cazul acesta, trebue să elimine existența unui sistem sau aparat de regulare complicat şi independent de corpul turbinei. Soluțiile care s'au dat şi acelea care se preconizează implică o scădere remarcabilă a randamentului. Este adevărat că în cazul turbinelor hidraulice de putere mică, instalate pe un curs curent de apă, randamentul nu prezintă o importanță deosebită, astfel că se poate simplifica la maximum sistemul de regulare în contul randamentului grupului. Instalația se construeşte pentru un anumit debit asigurat. In cazul când puterea cerută de rețeaua de distribuție este mai mică decât cea nominală corespunzătoare puterii turbinei, apa care nu mai trece prin turbină nu se poate înmagazina şi deversează din amonte în aval, fără a se transforma în energie utilă. La încărcări parțiale ale turbinei, un randament mai mic înseamnă că turbina va lua un debit mai mare decât acela corespunzător puterii cerute de rețea, fapt care nu incomodează în astfel de împrejurări. Deci, autoregularea în detrimentul randamentului în împrejurările de mai sus, este justificată. Astfel, pentru simplificare trebue utilizați regulatori cu acțiune directă.

In cazul turbinelor cu acțiune de tipul Pelton, se poate realiza autoregularea cu ajutorul unui tachimetru montat pe arborele turbinei, care să acționeze direct — fie asupra deflectorului, bine studiat pentruca eforturile necesare mişcării lui să fie cele mai mici posibile, fie direct asupra rotorului turbinei, deplasându-l axial în limite foarte mici (fig. 8). In cazul al doilea, s'ar putea studia forme speciale de palete pentru rotor, care să mărească sensibilitatea sistemului de regulare.

In cazul turbinelor cu reacțiune de tipul Francis, se poate utiliza un tachimetru care să acționeze direct asupra reducerii secțiunii de intrare a apei în rotor (fig. 9), fie prin mişcarea în direcția axială a unui cilindru, fie prin mişcarea însăşi a rotorului în direcția axială (această turbină a fost realizată şi încercată în laboratorul de maşini hidraulice din Timişoara, în anul 1938). Indiferent care parte se mişcă, eforturile necesare acestei mişcări din partea tachimetrului trebue să fie minime pentru a realiza o cât mai mare sensibilitate a sistemului de regulare.

Se observă din schița unei astfel de turbine că — atunci când funcționează la încărcări parțiale — regimul hidraulic este foarte nefavorabil, ceeace înseamnă pierderi importante, adică un randament redus.

La turbinele de tipul Kaplan, automatizarea se poate realiza în condiții mai bune, din punct de vedere al randamentului, decât la celelalte tipuri de turbine. Turbinele de acest tip sunt

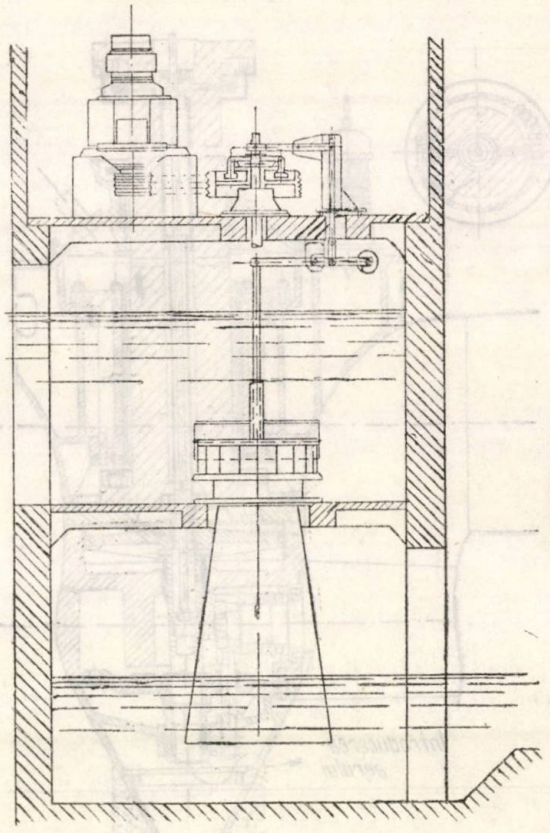


Fig. 9

potrivite pentru debite mari şi sarcini mici cu o turație destul de mare. Ele se pretează mai bine la electrificarea rurală pe bază hidraulică. Construcția lor este relativ simplă: statorul cu paletele fixe axiale, iar rotorul cu paletele mobile în jurul axului lor.

La aceste turbine, pentru o stabilitate mai mare în funcționare, este nevoie și de un volant GD^2, dat de relația :

$$GD^2 = 150\,000 \frac{\left(\frac{\Delta N}{N}\right)^2 N_{max}\, T_s}{\left(\frac{\Delta n}{n_{max}}\right) n^2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

unde $\frac{\Delta N}{N} = 1$ cazul extrem, T_s timpul de închidere în secunde și $\frac{\Delta n}{n_{max}}$ variația maximă de turație admisă în cazul perturbației considerate.

Paletele rotorului se construesc din profile aerodinamice cu caractersiticele bine cunoscute, și astfel fixate pentru realizarea paletei, încât punctul de aplicație al rezultantei să se miște cât mai puțin posibil, în cazul când paleta se rotește în jurul axului ei. Cu alte cuvinte, momentul hidraulic să fie cât mai mic și pe cât posibil constant pentru diferitele poziții ale paletei. In cazul acesta, efortul necesar rotirii paletelor este mic și un tachimetru relativ mic poate face față cu sensibilitatea admisă de o bună funcționare a centralelor electrice.

Tachimetrul poate fi plasat pe volant și transmiterea mișcării la paletele rotorului să se facă hidraulic.

In toate cazurile de turbine mici, regularea se poate face și prin cuplul rezistent constant

$$I \frac{d\omega}{dt} = C_m - C_r$$

$$C_m = C_r \quad \omega = \text{const.}$$

adică, cu ajutorul unui tachimetru, să se introducă sau scoată rezistențe din circuitul de utilizare, după cum puterea cerută de rețea este mai mică sau mai mare. Turbina, în acest caz, ar funcționa tot timpul la încărcare constantă.

Rezistența introdusă în circuit poate fi folosită pentru încălzirea apei, etc.

O astfel de instalație, construită în cadrul laboratorului de mașini hidraulice Timișoara, este în funcțiune pe canalul navigabil Bega.

Problema hidroturbinelor autoregulatoare mari și mici este mai actuală ca oricând.

Deci, pentru unitățile mari, autoregularea și apoi automatizarea prezintă soluțiile pe care trebue să le realizăm cât mai repede. Deasemenea, turbinele mici autoregulatoare prezintă soluția care poate ajuta în mare măsură electrificarea țării, prin utilizarea tuturor resurselor energetice.

Bibliografie

1. *Prof. V. S. K. Niatkovski* : Malie hidroturbine, 1950.
2. *A. A. Morozov* : Utilizarea energiei apelor.
3. *N. K. Kuznețov* : Centrale hidroelectrice, 1951.
4. *L. S. Smirgliakov* : Turbine axiale pentru centrale electrice folosite în gospodăriile agricole, 1952.

★

САМОРЕГУЛИРУЮЩИЕСЯ ГИДРОТУРБИНЫ

Резюме

До сих пор в отрасле гидравлических машин, важным и неполностью решенным вопросом является их регулирование и в особенности саморегулирование. Для больших гидротурбин типа Каплан достигнуты некоторые значительные успехи в этом направлении на основе предложений инж. Несытова. Для малых гидротурбин всех типов намечены методы и конструкции для обеспечения наипростого и самого экономичного саморегулирования.

PROBLEMELE AUTOMATIZĂRII CENTRALELOR HIDROELECTRICE LUCRÂND IN CASCADĂ

Ing. M.PODANI
Aspirant Institutul Energetic Molotov

Articolul de față expune câteva din problemele specifice ale automatizării centralelor hidroelectrice lucrând în cascadă, arătându-se superioritatea tehnico-economică a automatizării. Se indică metoda de determinare a timpului de amortizare a centralei hidroelectrice de putere mică sau mijlocie care va fi automatizată, în legătură cu aceasta indicându-se câteva cifre reper obținute din practica sovietică. Ultima parte cuprinde expunerea criteriilor de alegere a centralei dispatcher și câteva probleme specifice telecomenzii cascadei de centrale hidroelectrice.

Automatizarea proceselor de producție joacă un rol deosebit de important în înlăturarea deosebirilor dintre munca fizică și cea intelectuală. Deaceea în condițiile socialismului acestei probleme i se acordă o atenție tot mai mare.

Inainte de a trece la problemele specifice hidrocentralelor lucrând în cascadă, este necesară o scurtă analiză a avantagiilor tehnicoeconomice ale automatizării hidrocentralelor privite din punct de vedere al economiei naționale.

In prezent în Uniunea Sovietică nici o nouă centrală hidraulică, dela cele colhoznice până la cele mai mari, nu se proiectează neautomatizată.

Din experiența mai multor ani de exploatare a unei serii de hidrocentrale cu diferite grade de automatizare, rezultă clar superioritatea lor asupra celor comandate manual. Iată câteva din cele mai importante avantagii ale automatizării centralelor hidroelectrice:

1) Creșterea producției de energie prin mărirea randamentului căderii utile și a stocului folosit. Aceasta se obține prin distribuirea optimă a puterii între agregate pentru mărirea randamentului general, păstrarea căderii maxime când variază debitul prin reglarea puterii după debitul disponibil, etc.

2) Reducerea cheltuelilor anuale de exploatare prin micșorarea numărului personalului, scăderea consumului intern, etc.

3) Investițiile în construcțiile auxiliare, clădirea centralei și locuințe pentru personal se reduc simțitor în special în cazul hidrocentralelor de putere mică și mijlocie.

4) Micșorarea pierderilor de producție la consumatori datorită reducerii numărului și duratei avariilor. In unele industrii o oprire de numai câteva secunde din lipsa de energie duce la pierderi însemnate.

5) Imbunătățirea calității energiei electrice prin menținerea constantă a frecvenței, tensiunii și prin distribuirea puterii reactive (utilizarea agregatelor de rezervă în calitate de compensatori sincroni).

6) Reducerea rezervei turnante.

7) Prelungirea termenului de exploatare a aparaturii electromecanice și a părții hidromecanice.

8) Ușurarea muncii personalului prin simplificarea manevrelor, comanda agregatelor și în general ridicarea nivelului deservirii.

Câteva cifre din practica proiectării și exploatării hidrocentralelor automatizate vor ilustra aceste avantagii. Trebue să specificăm însă că aceste cifre variază în funcție de tipul și puterea agregatelor precum și de schema de amenajare. In cele ce urmează sunt date cifrele corespunzătoare hidrocentralelor de tipul derivație și căderi mari, lucrând în cascadă, așa cum sunt în majoritate la noi.

In legătură cu creșterea producției de energie ca rezultat al creșterii randamentului, a căderii utile și stocului, coeficientul de utilizare a debitului crește cu 3—5%, prin folosirea diferitelor tipuri de regulatori după debitul disponibil și după cădere (vezi pct. 5).

Randamentul la hidrocentralele automate este cu 5—8% mai ridicat prin menținerea regimului optim constant. Se evită comanda agregatelor „după simț" deci în mod subiectiv.

Reducerea timpului de pregătire și cuplare a agregatelor în rețea devine simțitoare, fapt ce aduce un dublu avantaj, economie de apă care e deosebit de importantă la centralele de mare cădere și avantagii în cazul avariei în sistem. Astfel în loc de 8...12 min. în cazul comenzii manuale, acum sunt suficiente pentru pornire (înglobând și sincronizarea) numai 1,5...2,5 min. în funcție de mărimea agregatului. La oprire nu e nevoe de mai mult decât 0,1 s ceeace e foarte important în cazul avariilor.

Prin trecerea la autosincronizare, timpul necesar pornirii se reduce și mai mult; acest sistem însă are desavantajul că produce oscilații de curent în rețea.

La centralele automate cu punct local de comandă personalul se reduce în proporție de 60...70% iar la cele telecomandate sau cu autooperator reducerea este de 80...90%. O reducere similară se obține și în cazul așa numitului „serviciu la locuință". La centralele mici și mijiocii aceste reduceri au o foarte mare greutate specifică în bilanțul economic al centralei.

Cheltuelile de exploatare se reduc în afara de salariul personalului și prin scăderea consumului intern, care devine cu 20% în medie mai mic.

Investițiile inițiale se micșorează datorită simplificării construcțiilor, a clădirii centralei (nu mai e necesar pupitrul de comandă separat) precum și prin reducerea suprafeței de locuit pentru personal.

Costul aparatajului necesar automatizării complete a unei centrale de putere medie, reprezintă 4...5% din costul aparatajului electro mecanic.

Timpul de amortizare este în medie de 5...7 ani, pe când timpul general de amortizare a întregii construcții variază între 18...30 ani, pentru centralele mai sus amintite.

In privința avariilor, reducerea acestora din cauza personalului reprezintă 80...85%, în timp ce incorecta acționare a aparatajului de automatizare, după datele statistice sovietice reprezintă 0,1...0,2% din totalul avariilor deja simțitor reduse.

O condiție esențială ce trebue îndeplinită de către sistemul energetic este alimentarea fără întrerupere a consumatorilor. Aceasta îndeosebi în cazul consumatorilor industriali cum sunt întreprinderile metalurgice, textile, miniere, etc. Pentru fiecare din aceste întreprinderi putem afla pierderea de producție corespunzătoare unui kWh adică lei/kWh.

Astfel prin introducerea automatizării vom avea un beneficiu în economia națională prin reducerea frecvenței și duratei avariilor.

O parte din avantagiile mai sus enumerate pot fi exprimate numeric destul de ușor. Altele sunt evaluate mai greu din lipsa datelor din practică, iar unele nici nu pot fi reprezentate numeric, cu toată importanța deosebită pe care o au în condițiile socialismului.

Dacă notăm cu p (lei/kWh)prețul de cost al energiei furnizate de hidrocentrala sau cascada respectivă, atunci beneficiul pentru economia națională ca rezultat al introducerii automatizării și după intrarea în funcțiune a centralei poate fi exprimat prin următoarea egalitate :

$$B = p\,(\Delta W_\eta + \Delta W_{pornire} + \Delta W_{c.i}) + C_{prod.}\,\Delta W_{avarie} + \Delta k_{an} \text{(lei)}$$

unde avem :

B (lei) = beneficiul anual pentru economia națională

ΔW_η = surplusul anual de energie prin creșterea randamentului, a căderii utile, debitului utilizat, etc. (kWh)

$\Delta W_{pornire} = n.k.Q_{.m.g}\ \Delta t.H_{med}$ = surplusul de energie datorit reducerii pierderilor de apă la pornire, dacă în decursul unui an avem n pornire cu durata $\Delta t = 8 - 2 = 6$ min. (diferența față de pornirea fără automatizare)

$Q_{.m.g.}$ = debitul de mers în gol.

H_{med} = căderea medie anuală

Valoarea lui „$\Delta W_{pornire}$" devine considerabilă în cazul centralelor cu debite mici și căderi mari și mai ales când avem acumulare pentru acoperirea vârfurilor de sarcină.

$\Delta W_{c.i.}$ = reprezintă economia de energie la consumul intern.

$C_{prod.}$ = costul producției neprelucrate datorită lipsei energiei electrice, exprimată în lei/kWh (1...10 lei/kWh).

Δk_{an} = reprezintă economia realizată prin reducerea personalului și prin micșorarea unor investigații datorită simplificării construcțiilor, a clădirii centralei, etc.

ΔW_{avarie} = surplusul de energie datorit reducerii numărului și duratei avariilor.

După cum am văzut mai sus, factorul $C_{prod.}\,\Delta W_{avarie}$ variază în funcție de tipul consumatorulni (importanța) precum și dacă hidrocentrala sau cascada lucrează în sistem sau e singurul izvor de energie pentru industria respectivă.

Ecuația de mai sus poate fi numită „ecuația rentabilității". In fiecare caz concret, factorii care o compun pot fi exprimați numeric precis.

O altă grupă de factori o avem în perioada de construire. Se știe că pentru centralele hidroelectrice de medie putere, timpul necesar construcției se reduce simțitor datorită simplificării construcțiilor auxiliare și a centralei, (care cer mult timp).

In cazul centralelor mici și mijlocii e necesar a compara costul automatizării cu costul general al centralei.

Pentru aflarea timpului de amortizare a centralei hidroelectrice în cazul aplicării automatizării, și fără aceasta e necesar a face bilanțul investițiilor și cheltuelilor ca și în cazul comparării unei centrale termoelectrice cu una hidroelectrică.

Avem :

$$I_{ant} + {}' _{ant}\,T = I_m k_m\,T \text{ de unde}$$

$$T = \frac{I_{ant} - I_m}{K_m - K_{ant}} \text{ (ani).}$$

Notațiile sunt :

I_{ant} = investițiile inițiale în centrală hidroelectrică de putere mică sau mijlocie în cazul că va fi automatizată.

I_m = în cazul comenzii manuale.

K_{ant} și K_m = cheltuelile anuale la centrala automatizată și neautomatizată. Aci se înglobează cheltuelile de exploatare mai sus amintite.

Ecuația de mai sus poate fi ușor reprezentată grafic.

Trebue remarcat că avantagiile legate de simplificarea și eftinirea aparatajului și construcțiilor se asigură numai în cazul că aplicarea automatizării se face odată cu construirea centralei iar nu după ce aceasta a intrat în funcțiune.

De multe ori automatizarea centralelor în funcțiune nu este justificată economic.

In unele proecte se prevede posibilitatea pentru trecerea dela comanda automată la cea manuală permanentă. Acest lucru deasemenea nu este justificat din punct de vedere economic și practica dovedește că nu e necesar o asemenea „prevedere".

In privința repartizării fondurilor necesare pentru realizarea automatizării trebue remarcat procentajul mare luat de lucrările de montaj și reglare.

Pentru automatizarea unei centrale de cca 10 000 kW cu un singur agregat avem următoarea repartiție :

aparataj	45 %
proectare	10 %
materiale	10 %
montaj-reglare	35 %

In prezent, utilizarea resurselor hidraulice se realizează prin construirea cascadei de centrale hidroelectrice, care asigură folosirea maximă a resurselor.

In cazul cascadei de hidrocentrale, problema automatizării devine o chestiune centrală, dat fiind faptul că regimul de lucru al elementelor cascadei este complex și avem interdependența multor factori.

Criteriile de automatizare a hidrocentralelor lucrând în cascadă, în special a celor de tip derivație și căderi mari, nu sunt suficient de tratate în literatura de specilaitate și se rezolvă dela caz la caz destul de subiectiv. Aceasta datorită faptului că adeseori complexul de factori care influențează alegerea gradului și a schemei de automatizare a cascadei se contrazic. Distingem următoarele grupe principale de factori :

1) Condițiile hidroelectrice de pe râul respectiv și afluenți în care se ține seama de debitele afluente în punctele de captare ale uzinelor, precum și de efectul regularizator produs de centralele situate în amonte.

2) Factori legați de sistem, care condiționează regimul de lucru al centralelor, cum sunt : tipul și însemnătatea consumatorului, cererile irigației, transportului, alimentării cu apă, etc. și punctele unde acestea se cer.

3) Factori locali și topografici care condiționează schema de amenajare a cascadei, volumele rezervoarelor de acumulare, tipul construcțiilor hidrotehnice. Tot aci trebuesc incluse și condițiile de viață (insalubritate) deasemenea prezența centrelor populate.

Totalitatea acestor factori vor condiționa tipul construcțiilor hidraulice și aparatajul electro-mecanic (turbine, generator, etc.).

Planul de lucru al elementelor cascadei trebue să prevadă dubla legătură între regimul debitelor și căderilor pe de o parte și regimul puterilor pe de alta. Utilizarea cu eficacitate maximă a resurselor poate fi realizată numai prin centralizarea conducerii elementelor cascadei.

Acesta este rolul dispatcherului cascadei. Se știe că cele mai mici abateri dela regimul optim al unui element al cascadei aduce scăderea simțitoare a randamentului cascadei în întregime. Indeplinirea strictă a planului de lucru poate fi făcută numai pe calea automatizării și telecomenzii.

In afară de posibilitatea de dirijare centralizată a regimului cascadei, mai avem și avantajul concentrării conducerii administativo-economice și a conducerii tehnice într'un singur loc, unde vom avea laboratoare, ateliere și centre de studiu centralizate pentru întreaga cascadă și nu la fiecare element în parte. Datorită acestui fapt se reduce personalul tehnic și administrativ dar se cer cadre de calificare superioară.

Prin gruparea mai multor centrale hidroelectrice pe același râu, se favorizează aplicarea telecomenzii.

In fiecare cascadă de hidrocentrale, una sau mai multe vor juca rolul de centrale „dispatcher" având personal de serviciu continuu. Personalul acestor centrale în același timp cu comanda centralei proprii realizează și telecomanda restului hidrocentralelor care formează cascada. Din acest punct de vedere e de dorit ca centralele să fie automatizate cu același tip de aparataj și să fie echipate cu utilaj electromecanic cu caracteristici similare.

Alegerea centralei dispatcher depinde de rolul ei în cascadă. Ea trebue să satisfacă în general următoarele cereri :

1) să aibă o cât mai mare putere relativă

$$K = \frac{N}{N\Sigma \text{ cascada}}$$

2) Să dispună de un lac de acumulare cât mai mare pentru ca în cazul opririi forțate a altor elemente să poată acoperi temporar cererile sistemului.

3) E preferabil ca centrala dispatcher să se afle în partea superioară a cascadei pentru ca în felul acesta să influențeze prin regimul ei restul treptelor.

4) Să aibă rezervă de putere suficientă și agregate capabile de regim variabil.

Această din urmă condiție e necesară pentru a realiza acoperirea vârfurilor de sarcină de către însăși centrala dispatcher.

Dacă cascada se află în imediata apropiere a unui mare centru populat, e bine ca dispatcherul să fie instalat în centrul conducerii administrative, căci în acest caz e asigurat un control tehnico-organizatoric superior. La punctul central dispatcher se realizează însumarea puterii tuturor hidrocentralelor cascadei și se fac telemăsurătorile respective. Deasemenea aci se dau semnalele de avarie dela toate obiectele.

La un număr mare de elemente ale cascadei, problema simplificării schemelor și deci a măririi siguranței lor, trebue să fie în atenția proectanților. Fiecare simplificare a schemei de automatizare, dat fiind numărul mare de obiecte, poate da mari economii pentru cascada în întregime. In ultimul timp în proectarea schemelor la centralele mari din U.R.S.S. numărul aparatajului și al canalelor de legătură a fost mult redus. Astfel dacă în 1937 schema automatizării complete a unui agregat cerea în medie până la 55 de relee și contactoare, după zece ani acest număr a fost redus cu 40 % și limita simplificărilor e desigur încă departe de a fi atinsă chiar pentru nivelul tehnic actual.

In privința automatizării părții hidrotehnice a elementelor cascadei, acesta este un capitol mare și nu poate fi cuprins aci. Trebue doar amintit că tendința actuală este de a descongestiona partea hidromecanică de complicația

schemelor electrice prin realizarea automatizării pe baza însăşi a regimului hidraulic (presiune, debit, viteză, etc.).

In concluzie putem spune că, date fiind avantagiile însemnate pentru economia naţională a utilizării automatizării hidrocentralelor şi în special a cascadelor de hidrocentrale, e necesar a fi pregătite cadre specializate în acest domeniu.

De asemenea pe baza vastei experienţe sovietice, pot fi puse şi la noi bazele unor institute de proectare şi construcţie a aparatajului necesar automatizării hidrocentralelor.

Bibliografie

Crasivschii S. P., Sputân N. A. şi *Saradjev A. H.* : „Automatizarea centralelor hidroelectrice" (1940).

Culegere de articole sub redacţia lui Balakirev : „Automatizarea şi telemecanizarea centralelor hidroelectrice" (1950).

Culegerea hidroenergo-proectului, ediţie electrotehnica No. 10/1948.

Nichitin S. N. : „Metodica calculelor hidroenergetice" (1949).

Bogomalov V. A. : „Regularizarea automată a puterii hidrocentralelor după debit" (1950).

★

ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ КАСКАДНЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Резюме

В настоящей статье излагаются некоторые специфические вооросы автоматизации каскадных гидроэлектростанций указываясь технико-экономическое преимущество автоматизации. Дается метод определения времени амортизации гидроэлектростанций малой и средней мощности, которая будет автоматизированна, и в связи с этим указываются некоторые ориентирующие цифры из советской практики. Последняя часть содержит изложение критериев выбора диспетчерской ГЭС и некоторые специфические вопросы телеуправления каскадом ГЭС.

TERMOENERGETICA

NOILE CONCEPŢII SOVIETICE ÎN CLASIFICAREA CĂRBUNILOR ŞI APLICAREA LOR ÎN R.P.R.

Ing. ILIE BARBU

In articolul de faţă, autorul după ce expune noile concepţii sovietice în domeniul clasificării cărbunilor, exemplificând cu huilele diferitelor bazine (Donet, Cuznetc, Caraganda), arată principiile care stau la baza alcătuirii unui proect de standard de clasificare a cărbunilor noştri, folosind ca model standardul sovietic, adaptat la condiţiile din R.P.R.

Zăcămintele de cărbuni formează o bogăţie de cea mai mare importanţă în economia unei ţări, iar exploatarea şi valorificarea raţională a combustibililor, deci şi a cărbunilor, este una din sarcinile de seamă ale unei economii planificate. Numeroase ramuri ale industriei sunt legate de industria cărbunelui şi legăturile dintre ele sunt atât de strânse, încât o simplă enumerare nu poate să dea imaginea exactă a complexităţii problemelor legate de exploatarea şi utilizareacărbunilor.

Mineritul de cărbune este strâns legat de problemele de *preparaţie* (spălare sau îmbogăţire). *Energetica* (producerea energiei electrice şi mecanice) concurează *chimizarea* cărbunelui — deşi în condiţiile create de cercetările cele mai înaintate, ele se complectează la utilizarea cărbunilor. *Siderurgia* este condiţionată de chimizarea cărbunelui pentru una din cele mai importante materii prime : cocsul, iar *industria chimică* (în special cea organică) nu este altceva decât o filiaţie directă a uzinelor cocsochimice. *Industria gazelor* de toate felurile (afară de cea a gazului natural) leagă de industria cărbunelui : *industria azotului, industria sulfului*, a *ceramicei* brute şi fine, a lianţilor de silicaţi, iar problemele căldurii şi combustiei se reîntâlnesc în toate ramurile industriale. *Transporturile* pe uscat sau pe apă, sunt tributare, pentru o bună parte din combustibilii lor, industriei cărbunelui. Intr'adevăr, aşa după cum spunea V. I. Lenin : *„Cărbunele este adevărata pâine a industriei"*.

Dar se vorbeşte în general de cărbune, de combustibili solizi, şi se face abstracţie de faptul că sub această denumire sunt cuprinse materiale, ale căror proprietăţi diferă foarte mult dela un zăcământ la altul şi care adeseori diferă chiar în acelaşi zăcământ dela strat la strat şi din loc în loc.

Pentru a face totuşi o oarecare ordine şi catalogare în acest domeniu atât de vast, s'au încercat diferite sistematizări utilizând pe rând aspectele şi proprietăţile diferite ale cărbunilor. Incă dela începutul utilizării combustibililor solizi minerali (cărbuni), aspectul lor a dat naştere la o clasificare naturală în :

— turbe ;

— cărbuni bruni sau de pământ (inclusiv ligniţii) ;

— huile sau cărbuni de piatră ;

— antracit.

Această sistematizare simplă a corespuns cu un anumit grad de desvoltare a utilizării cărbunilor, dar odată cu desvoltarea industriei şi a tehnicei a devenit cu totul insuficientă. S'au introdus dealungul anilor clasificaţii variate, bazate pe criterii care aveau în vedere :

— origina (materia genetică) cărbunilor ;

— comportarea fizico-chimică a cărbunilor ;

— constituţia petrografică şi paleobotanică a cărbunilor.

Nu se vor analiza mai pe larg în articolul de faţă diferitele sisteme şi criterii de clasificare, căci acestea diferă după cercetători şi mai ales după felul cărbunilor din ţara respectivă. Astfel, în clasificarea propusă în S.U.A., nu se găseşte un echivalent pentru cărbunii bruni pământoşi, iar în cea propusă de Congresul din Canada, turba este exclusă dintre cărbuni.

Clasificările ştiinţifice şi tehnice ale cărbunilor au o mare importanţă deoarece permit — pe baza unei cunoaşteri sistematice — identificarea cărbunilor şi deci o utilizare corespunzătoare proprietăţilor lor.

Din punct de vedere industrial, proprietăţile cărbunilor determină utilizările lor şi din acest motiv au cea mai mare importanţă acele clasificări, care se bazează pe proprietăţile care intervin în timpul întrebuinţării cărbunilor.

Concepţii sovietice de clasificare a cărbunilor

In Uniunea Sovietică, una din primele clasificări s'a făcut încă din anul 1929 pentru cărbunii care se exploatează în Bazinul Donetului.

Tabela 1

Clasificarea tehnică a huilelor din Bazinul Donet

Denumirea sorturilor de cărbune	Simbol	Proporţia de materii volatile la masa combustibilă V^c %	Proprietăţile subprodusului nevolatil
Cu flacără lungă	*D*	peste 42	Necocsificabil sau aglutinant
De gaz	*G*	35—44	Aglutinat, topit, uneori umflat (afânat)
Graşi de focar .	*PJ*	26—35	Aglutinat, topit, compact sau potrivit de compact
De cocs	*K*	18—26	Idem
De focar cocsificabili	*PS*	12—18	Aglutinat sau topit dela compact la compact potrivit
Slabi	*T*	8—17	Necocsificabil sau aglutinat
Antracit	*A*	sub 8	Nu se aglutinează

Această clasificare mai este şi astăzi în vigoare. Precum se vede din tabel, ea se bizue pe două caracteristici de bază : randamentul de materii volatile şi aspectul cocsului rămas în creuzet.

Tabela următoare dă analiza elementară a diferitelor sorturi de cărbuni din Bazinul Donetului, prezentând — pe lângă procentele de greutate — şi procentele atomice ale compoziţiei cărbunelui, procente care arată deosebirile mai nete între diferitele grupe de cărbuni.

Compoziţia elementară a diferitelor huile *Tabela 2*

Sortul	Masa organică convenţională							Proprietăţile mecanice
	Procente de greutate				Procente atomice			
	C_g^0	H_g^0	N_g^0	O_g^0	C_a^0	H_a^0	O_a^0	
D	76—86	5,0—6,0	1,8	10,0—17,5	50,4	43,4	6,2	Tenace
G	78 89	4,5—5,5	1,7	6,8—16,0	53,5	42,4	4,1	Tenace
PJ	84—90	4,0—5,4	1,7	5,0—10,5	56,2	41,0	2,8	Casant
K	87—92	4,0—5,2	1,5	3—8	59,3	38,9	1,8	Foarte casant
P	89—94	3,8—4,9	1,5	2—5	61,6	37,0	1,4	Casant
T	90—95	3,4—4,4	1,2	1,6— 4,5	63,5	35,3	1,2	Casant
A	95—97,5	1,2—2,7		1,5— 3,5	80,5	18,4	1,1	Tenace

Dar cercetările sovietice nu s'au oprit la această clasificare iniţială, ci — după studii îndelungate — s'au introdus aparate, cu ajutorul cărora se determină în mod direct anumite valori ale unor proprietăţi caracteristice ale huilelor, valori care permit introducerea directă a cărbunelui respectiv într'o anumită grupă de clasificare.

Astfel, utilizând drept criteriu de clasificare *cocsificarea* (aglutinarea), determinată cu aparatul Institutului de Minerale Combustibile al Academiei de Ştiinţe din U.R.S.S. (IGI), s'a alcătuit clasificarea din tabela 3.

Clasificarea huilelor după cocsificare *Tabela 3*

Nr. grupei	Grupa	Simbolul	Materii volatile	Cocsificarea
1	Huile de gaz	(*G*)	35—44	20
2	Huile de gaz grase . .	(*GJ*)		20
3	Huile grase	(*J*)	26—35	26—30
4	Huile grase fuzibile . .	(*JJ*)		
5	Huile de cocs grase	(*KJ*)	18—26	30
6	Huile de cocs	(*K*)		20—25
7	Huile degresante . . .	(*P*)	12—18	14—29
8	Huile degresante slabe	(*PT*)		9—23
				9

Utilizând aparatul plastometric al lui Sapojnicov, la care se determină grosimea stratului

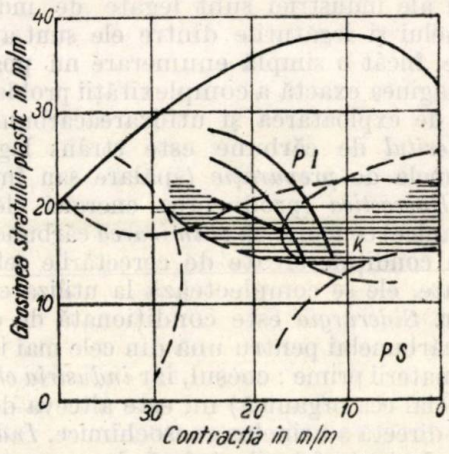


Fig. 1

plastic şi tasarea probei de cărbune, clasificarea se face după diagrama de mai sus (fig. 1).

Pentru bazinele din răsăritul Uniunii Sovietice, utilizând criteriile de clasificare determinate cu cele două aparate de mai sus și randamentul de materii volatile, s'au stabilit tipurile de cărbune cuprinse în tabela 4.

Pentru cărbuni bine cocsificabili, cocsificarea se caracterizează prin grosimea stratului plastic (y), determinată după metoda plastometrică; pentru huilele slab cocsificabile (y sub 6 mm) prin caracteristicile reziduului nevolatil (coc-

Clasificarea tehnologică a cărbunilor cocsificabili din bazinele de răsărit ale U.R.S.S.
(după GOST 1280–48)

Tabela 4

Denumirea grupei tehnologice	Sortul comercial	Simbol convențional al grupei	Caracteristica		
			Proporția de materii volatile la masa combustibilă V^c %	Grosimea stratului plastic y, mm	Mărimea aglutinării determinată după met. IGI, aglutinare
			dela...la...	dela...la... (inclusiv)	
Bazinul Cuznețc					
De gaz grupa 1	G	G 1	peste 37,0	17–25	peste 20
De gaz grupa 2	G	G 2	„ 37,0	13–16	sub 20
Grase grupa 1	PJ	J 1	sub 33,0	peste 25	peste 25
Grase grupa 2	PJ	J 2	33,0–38,0	„ 25	„ 25
De cocs grase	K	KJ	24,5–28,0	14–25	19–25
De cocs grase grupa 1	K	KJ 1	28,0–31,0	14–25	19–25
De cocs grase grupa 2	K	KJ 2	22,0–25,0	12–14	16–19
De cocs	K	K	19,0–25,0	13 și peste	12–16
De cocs grupa 1	K	K 1	17,0–21,0	10–12	8–11
De cocs grupa 2	$K2$	K 2	17,0–21,0	7– 9	7– 9
Slabe cocsificabile	PS	TS	sub 17,0	6– 9	sub 9
Bazinul Caraganda					
Grase	PJ	J	—	20 și peste	—
De cocs grupa 1	K	K 1	—	12–19	—
De cocs grupa 2	$K2$	K 2	—	8–11	—
Bazinul Ciselovsc					
De gaz grupa 1	G	G 1	—	11–13	—
De gaz grupa 2	G	G 2	—	8–10	—
Grase grupa 1	PJ	J 1	—	19 și peste	—
Grase grupa 2	PJ	J 2	—	14–18	—

In 1949, Consiliul de Miniștri al Uniunii Sovietice a însărcinat Academia de Științe a U.R.S.S. și Ministerul Industriei Cărbunelui cu alcătuirea unui proiect de standard de clasificare industrială a cărbunilor.

In conformitate cu acest proiect, la huile — în locul mărcii *PJ* („de focar grase") — se introduc două mărci: huile de gaz grase *JG* și huile grase *J*.

Marca *JG* este intermediară între mărcile *G* și *J* și se caracterizează aproximativ prin aceleași randamente de materii volatile cu huilele grase, însă proprietățile sale de cocsificare (aglutinare) sunt mai reduse.

Marca *J* se caracterizează prin mai bune proprietăți de cocsificare. Reziduul de cocs rezultat din cărbuni *J* are pori mari.

Marca *PS* („de focar aglutinante") a fost denumită „huile mai puțin aglutinante".

Este interesant de notat că aceste schimbări de denumire corespund liniei generale observate în acest domeniu, de a nu permite utilizarea pentru scopuri energetice a huilelor ce pot intra în șarja de cocsificare.

Ca indici de clasificare principali pentru huile, se întrebuințează după proiectul noii clasificări:

1) randamentul de materii volatile;
2) aglutinarea (cocsificarea).

sului) obținut la determinarea materiilor volatile.

Dacă diferite huile dau aceleași proporții de materii volatile, de exemplu 34%, atunci caracterizarea lor după o anumită marcă industrială se face prin proprietatea de aglutinare. Dacă în cazul examinat la unul din cărbuni y egal cu 10, iar la altul y egal cu 20 mm, atunci primul cărbune va fi denumit cu marca *JG*, iar celălalt cu marca *J*.

Dacă însă la doi cărbuni aglutinarea este aceeași, atunci ca indice de clasificare servește proporția de materii volatile. De exemplu, la cărbunii la care mărimea y este egală cu 10 mm, randamentul de materii volatile de 34% va fi un indice de apartenență de marca *JG*, iar un randament de materii volatile de 38% va fi un indice de apartenență la marca *G*.

Cărbunii de marca *G* și *PS* — chiar dacă prezintă începuturi de cocsificare în timpul cercetării lor prin metoda plastometrică — pot arăta o grosime foarte mică a stratului plastic, grosime care să se apropie de zero. In acest caz, când valoarea lui y scade sub 6 mm, clasificarea se determină după caracteristicile probei cocsului.

Prin aceeași metodă, se determină și cocsificarea huilelor cu flacără lungă și a huilelor slabe.

Pentru caracterizarea cocsului la huilele slab cocsificabile din marca *PS* şi a huilelor din marca *T*, cât şi pentru diferenţierea lor, proiectul noii clasificări propune şi recomandă o modificare a metodei de determinare a conţinutului de materii volatile.

Temperatura la care se face proba rămâne aceeaşi (850°) ca şi sistemul de cuptoare utilizate. Însă proba de cărbune nu se mai aşează într'un creuzet de porţelan, ci într'unul de oţel, înalt de 42 mm, cu diametrul interior la bază de 18 mm, iar la partea de sus de 28 mm.

Proba de cărbune se acoperă cu un căpăcel de asbest gros de 1 mm şi cu un diametru de 21 mm, în aşa fel încât capacul să se lipească cu toată suprafaţa lui pe suprafaţa cărbunelui şi să adere etanş la pereţii creuzetului.

Durata determinării prin această metodă nouă cu creuzetul de oţel este de cinci minute în cuptorul cu mufă. Dacă, drept rezultat al determinării se găseşte butonul de cocs în întregime aglutinat fără praf, cărbunele este socotit a fi de marca PS_2, dacă cocsul se prezintă ca un buton aglutinat dar conţinând şi praf, cărbunele este de marca *T*.

Proiectul clasificării industriale a huilelor din Baznul Donet este dat în tabela 5.

Tabela 5

Sorturile comerciale ale cărbunilor din Bazinul Donet

(proiect 1952)

Sorturile		Indici de clasificare		
Denumirea	Simbol	Proporţia de materii volatile V^c %	Aglutinare	
			Grosimea stratului plastic *Y*, mm	Caracteristica subprodusului nevolatil
Cu flacără lungă	*D*	37 şi peste	—	pulverulent, aglutinat şi slab aglutinat
De gaz	*G*	35 şi peste	6 şi peste	La Y sub 6 mm aglutinat
Gras de gaz	*JG*	35—27	8—15	—
Gras	*J*	27 şi peste	16 şi peste	—
De cocs	*K*	27 şi sub	13 şi peste	—
Cu aglutinare scăzută	*PS*	22 şi sub	12 şi peste	La Y sub 6 mm aglutinat
Slabi	*T*	17—8	—	Slab aglutinat şi pulverulent

Din tabelă se vede că huilele conţinând mai mult de 35% volatile, pot fi socotite fie la marca *J*, fie la marca *G*. Proiectul de clasificare precizează însă că huilele grase, cu o grosime a stratului plastic de 28 mm, pot avea un randament de materii volatile până la 38%. Dacă grosimea stratului plastic este de 22...27 mm, conţinutul de volatile poate să fie până la 37%. La o grosime a stratului plastic de 16...21 mm, huilele grase pot avea un conţinut de materii volatile până la 37%.

Proiectele de clasificare industrială a huilelor din Bazinele Cuznetc şi Caraganda sunt alcătuite după aceleaşi principii ca şi cele pentru huilele din Donet (vezi tabelele 6 şi 7).

Tabela 6

Sorturile comerciale de cărbuni din Bazinul Cuznetc

(proiect 1952)

Sorturile		Indici de clasificare		
Denumirea	Simbol	Proporţia de materii volatile V^c %	Aglutinare	
			Grosimea stratului plastic *Y*, mm	Caracteristica subprodusului nevolatil
Cu flacără lungă	*D*	37 şi peste	—	Pulverulent, aglutinat şi slab aglutinat
De gaz	*G*	37 şi peste	6 şi peste	La Y sub 6 mm aglutinat
Gras de gaz	*JG*	37—27	11 şi sub	La Y sub 6 mm aglutinat, slab aglutinat
Gras	*J*	37—24	25 şi peste	—
De cocs	*K*	32—17	12—24	—
Cu aglutinare scăzută	*PS*	27—14	12 şi sub	La Y sub 6 mm aglutinat
Slab	*T*	14 şi sub	—	Slab aglutinat, aglutinat şi pulverulent

Tabela 7

Sorturile comerciale ale huilelor din Bazinul Caraganda

(proiect 1952)

Sorturile		Indici de clasificare		
Denumirea	Simbol	Proporţia de materii volatile V^c %	Aglutinare	
			Grosimea stratului plastic *Y*, mm	Caracteristica subprodusului nevolatil
Gras	*G*	35—25	20 şi peste	—
De cocs	*K*	33—24	11—19	—
Slab aglutinat	*PS*	peste 17	10 şi sub	La Y sub 6 mm aglutinat
Slab	*T*	20 şi sub	—	Slab aglutinat aglutinat şi pulverulent

Pentru huilele din Cuznetc, se propune introducerea unei mărci intermediare PS_1, care corespunde huilelor care au acelaşi conţinut de volatile cu cărbunii *PS*, dar care la proba cocsului prezintă caracteristicile cărbunilor *T*.

Antraciţii din Donet se deosebesc de huile tot prin procentul de materii volatile, însă se propune separarea lor în două mărci după puterea calorifică, în antracit şi semiantracit.

Cărbunii bruni se propun a fi divizaţi în trei grupe (*B*1, *B*2, *B*3), după conţinutul de umiditate a cărbunelui ca atare : până la 30%, dela 30—40% şi peste 40%.

In acest caz, de exemplu, cărbunii bruni din Bazinul Caraganda conţinând 37% materii volatile şi peste cu până la 30% umiditate, fac parte din cărbunii bruni cu marca *B*1.

Clasificarea cărbunilor din R.P.R.

O astfel de clasificare şi codificare, care să permită să se indice în mod just felul cărbunelui cu care se lucrează şi în care să se pună de acord denumirea, simbolul şi proprietăţile cărbunilor, s'a arătat a fi necesară şi la noi în ţară.

In cadrul Institutului de Energetică al Academiei Republicii Populare Române, un colectiv a elaborat un proiect de standard de clasificare a cărbunilor din R.P.R., care a fost înaintat și aprobat de Comisia de Standardizare. Acest proiect de standard, care se bazează pe cele mai noi date de literatură în acest domeniu, folosește ca model proiectele și standardele sovietice, adaptându-le condițiilor corespunzătoare din țara noastră și creind astfel un instrument care va permite tehnicianului să identifice și să utilizeze în mod just și rațional cărbunii din țara noastră.

Denumirile și simbolurile propuse au fost :

Tabela 8

Clasa	Simbol	Grupa	Simbol
1) Turbă	*T*	Turbă	*T*
2) Cărbuni bruni .	*B*	Cărbune brun pământos	*BP*
		Cărbune brun lemnos (lignit) . . .	*BL*
		Cărbune brun mat	*BM*
		Cărbune brun cu luciu smolos . . .	*BS*
3) Cărbuni bruni huilоși	*B/H*	Cărbune brun huilos	*B/H*
4) Huile	*H*	Huilă cu flacără lungă	*HL*
		Huilă de gaz . . .	*HG*
		Huilă grasă	*H Gr.*
		Huilă de cocs . . .	*HS*
		Huilă slabă degresantă	*HS*
		Huilă antracitoasă .	*H/A*
5) Antraciți	*A*	Antracit	*A*

Denumirile au fost date cărbunilor bruni după aspectul lor, iar denumirile huilelor au fost date după utilizările lor.

Drept criterii de clasificare s'au introdus umiditatea, conținutul de materii volatile, puterea calorifică, analiza elementară, conținutul și reacția acizilor humici ca și aspectul cocsului și aspectul macroscopic al cărbunelui.

Folosindu-se linia indicată de clasificările sovietice, adaptate condițiilor noastre, s'a realizat acest proiect de standard, care mai poate suferi îndreptări, dar care totuși servește ca o bază pentru unificarea nomenclaturii și cunoașterea mai bună a cărbunilor noștri.

Pe baza lui, pe baza cercetărilor și analizelor care se fac la Institutul de Cercetări Carbonifere și la Institutul de Energetică al Academiei R.P.R., va trebui să complectăm cunoștințele noastre, referitoare la cărbuni și astfel să le dăm acestora o utilizare cât mai rațională.

Proiectul și bineînțeles și standardul pot fi modificate și chiar autorii lor și-au pus problema unei subîmpărțiri a clasei antraciților în antraciți și metaantraciți, dar — pe baza datelor existente până acum — nu s'a putut încă trece la această clasificare.

Sperăm că discuțiile și colaborarea celor din domeniul de specialitate vor contribui la îmbunătățirea lui.

Bibliografie

1. *A. A. Gapeev* : „Concepțiile actuale asupra originii cărbunilor fosili și clasificarea lor" Ed. Tehnică, 1953 (traducere din limba rusă).
2. *A. A. Gapeev* : „Minerale combustibile solide" Moscova, 1949.
3. *M. A. Mancovschi ș. a.* : „Analiza tehnică a cărbunilor", Moscova-Leningrad, 1952.
4. Acad. R.P.R. Inst. de Energetică (Colectiv : *I. Blum, N. Ionescu, I. Barbu*) : „Cărbunii naturali din R.P.R." Proiect de standard de clasificare, București, 1952.
5. *I. Barbu* : „Despre standardizarea, clasificarea și codificarea cărbunilor din țara noastră", Bul. de Standardizare Nr. 8, Anul III, București, 1951.

★

НОВЫЕ СОВЕТСКИЕ ВОЗЗРЕНИЯ О КЛАССИФИКАЦИИ УГЛЕЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В Р.Н.Р.

Р е з ю м е

В настоящей статье, автор после изложения новых советских воззрений в области классификации углей, приводя в качестве примера каменные угли различных бассейнов (донецкие, кузнецкие, карагандские), указывает принципы стоящие в основе составления проэкта стандарта по классификации наших углей используя в качестве модели советский стандарт приспособленный к условиям Р.Н.Р.

MĂSURA CONDUCTIVITĂȚII SOLULUI

Prof. dr. ing. I. CONSTANTINESCU

Pornind dela măsurătorile conductivității solului făcute în U.R.S.S., unde a fost întocmită o hartă de conductivitate a solului pe tot întinsul părții europene a Uniunii Sovietice autorul arată principiul metodei de măsurare aplicabilă la noi, dând un montaj adecvat pentru efectuarea acestei măsurători.

Electrificarea țării, sarcină de bază pentru construirea socialismului în Republica Populară Română, cere construirea unei întinse rețele de linii de energie de înaltă tensiune pentru transportul acestei energii dela locurile de producție la locurile de utilizare. Liniile noastre de telecomunicație având de deservit același șir de localități ca și cele de energie, se găsesc de multe ori în apropierea liniilor de energie. In această situație, liniile de telecomunicații sunt supuse fie la efecte de inducție electrostatică, datorite tensiunilor mari pe linia de energie, fie la efecte de inducție electromagnetică, datorite curenților excesiv de mari ce iau naștere în cazul unui scurtcircuit la pământ a liniei de energie.

Pentru motive tehnice asupra cărora nu ne oprim aci, liniile de energie se construesc cu neutrul pus la pământ.

Prin urmare, când în mod accidental, unul din firele liniei de energie este pus undeva la pământ, în acest fir va lua naștere un curent de scurtcircuit de mare intensitate, care se întoarce prin pământ, formând împreună cu curentul din firul liniei o buclă sau spiră inductoare de mare suprafață.

Suprafața buclei inductoare depinde de frecvența curentului și de conductivitatea solului.

La frecvențele mici, curentul se resfiră prin pământ la mari adâncimi, pe când la frecvențele mari curentul de întoarcere prin pământ tinde să se ridice către suprafața solului.

Același rezultat îl dă și conductivitatea solului. Cu cât pământul este mai puțin conductor cu atât adâncimea curentului de întoarcere este mai mare.

Dacă pământul ar fi perfect conductor, tot curentul de întoarcere s'ar găsi pe suprafața solului.

Suprafață inductoare are un mare rol în efectele de inducție fiindcă cu cât această suprafață va fi mai mare cu atât efectele de inducție electromagnetică se vor resimți la distanțe mai mari.

Lucrul acesta este evident dacă ne gândim la spațiul ocupat de câmpul magnetic al unei spire mici și al unei spire de mare suprafață.

Dacă paralel cu linia de energie se găsește o linie de telecomunicații, câmpul magnetic al curentului de scurtcircuit depe linia de energie poate trece prin spațiul cuprins între firele liniei de telecomunicații și pământ și provoca astfel pe firele liniei de telecomunicații o tensiune dealungul acestor fire, numită tensiune longitudinală.

După intensitatea curentului inductor această tensiune longitudinală poate avea valori de ordinul miilor de volți, periculoase pentru personalul și pentru instalațiile de telecomunicații. Valoarea tensiunii longitudinale indusă pe linia de telecomunicație se poate calcula dacă cunoaștem :

a) lungimea *l*, a paralelismului dintre cele două linii

b) depărtarea *a* dintre ele

c) înălțimile *b* și *c* deasupra solului, respectiv a liniei de energie și a liniei de telecomunicație

d) conductivitatea σ a solului.

La calculul acestei tensiuni se admite că ambele linii : cea conductoare și cea indusă sunt cu întoarcere prin pământ.

Notând cu *M* inductanța mutuală pe unitatea de lungime a celor două circuite cu întoarcere prin pământ și cu *I* curentul de scurtcircuit, tensiunea longitudinală indusă pe lungimea *l* de paralelism va fi :

$$e = \omega \, l \, M \, I_c \text{ volt}$$

unde

$\omega = 2 \pi f$ este frecvența unghiulară a curentului.

In această expresie inductanța mutuală *M* este dată de formula :

$$M = 2 \ln \frac{\sqrt{a^2 + (b + c)^2}}{\sqrt{a^2 + (b - c)^2}} - 4 j \, [P(\lambda, \theta) + jQ(\lambda, \theta)]$$

unde :

$\ln$ = logaritmul natural

$$\lambda = \sqrt{a^2 + (b + c)^2} \; \sqrt{4 \pi \omega \sigma}$$

$$\theta = \text{arc tg} \frac{a}{b + c}$$

$$j = \sqrt{-1}$$

Funcțiunile $P(\lambda, \theta)$ și $Q(\lambda, \theta)$ sunt date de abacele din figura 1 și 2. In figura 3 este dată valoarea inductanței mutuale *M* în funcție de parametrul $10^6 a \sqrt{\sigma f}$.

Calculul inductanței mutuale ar fi extrem de simplu și s'ar reduce la primul termen dacă pământul ar fi perfect conductor. Cum însă pământul nu este perfect conductor, la primul termen se mai adaugă termenii corectivi $P(\lambda, \theta)$ și $Q(\lambda, \theta)$, funcțiuni de frecvență și de conductivitatea solului.

In orice caz, cu ajutorul formulelor de mai sus, se poate calcula tensiunea longitudinală indusă de o linie de energie pe o linie de telecomunicație.

Dacă ambele linii sunt existente, este mai simplu să măsurăm tensiunile și nu este nevoie de calcul.

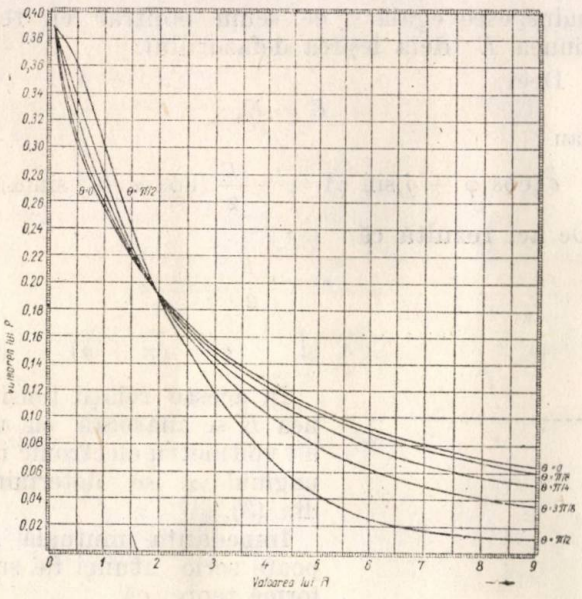


Fig. 1

Calculul prezintă interes și este neapărat necesar atunci când se proectează o linie de energie în vecinătatea unei linii existente de telecomunicații sau când se proectează o linie de telecomunicații în vecinătatea unei linii existente de energie.

In acest caz este nevoie să știm la ce depărtare trebue așezată linia proiectată față de cea existentă pentru ca efectele de inducție să rămână în limitele admisibile, limite prescrise în STAS-49.

Măsurătoarea nemaifiind posibilă când una din linii lipsește trebue să recurgem la calcul și acesta nu este posibil dacă nu cunoaștem conductivitatea solului în regiunea în care există sau se proiectează o linie de energie.

In Uniunea Sovietică, această conductivitate a fost măsurată încă din 1935, întocmindu-se o hartă a conductivității solului pe tot întinsul părții europene a URSS.

La noi aceste măsurători sunt în curs de efectuare.

Principiul metodei de măsurare este în linii generale următorul :

Se întind pe suprafața solului două fire izolate paralele și la o depărtare cunoscută a, unul față de celălalt (figura 4). In acest caz $b = c = o$ și primul termen din expresiile lui M este nul, iar parametrii λ și θ se reduc la :

$$\lambda = a\sqrt{4\pi\omega\sigma} \text{ și } \theta = \frac{\pi}{2}$$

Un curent I trimis prin firul inductor AB și întoarcerea lui prin pământ dă naștere unei forțe electromotoare, e, prin circuitul indus CD și întoarcerea lui prin pământ. Raportul

$$Z_n = \frac{e}{I}$$

ne dă impedanța mutuală a celor două circuite cu întoarcere prin pământ.

Ținând seama de observațiile de mai sus, expresia acestei impedanțe este

$$Z_M = j\omega M = 4\omega [B(\lambda, \theta) + jQ(\lambda, \theta)]$$

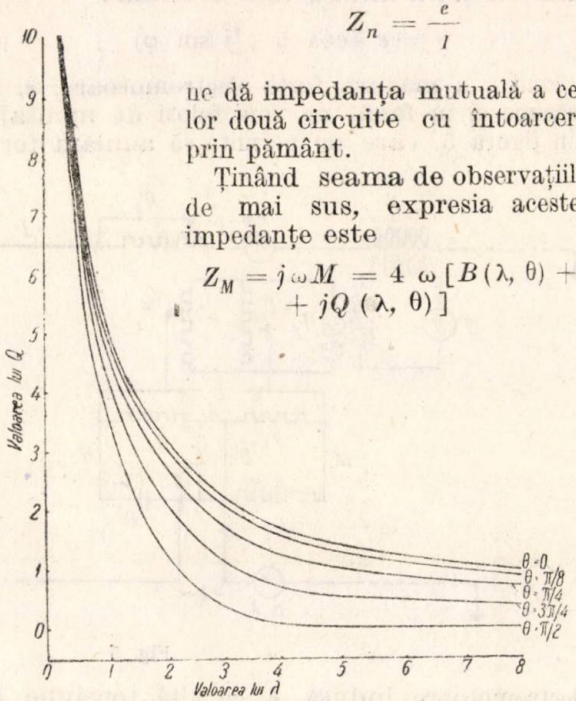


Fig. 2

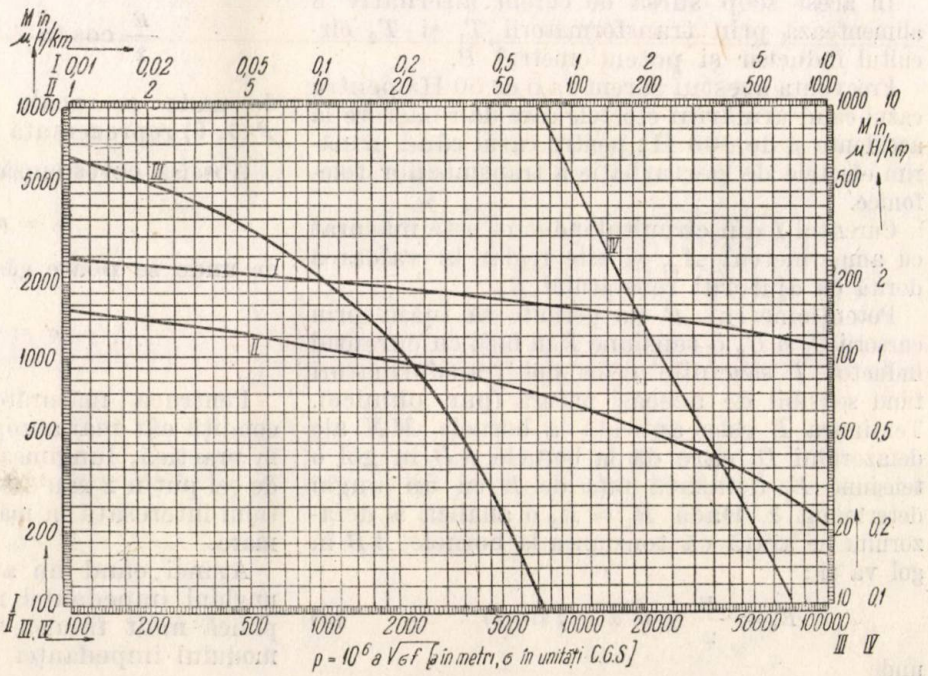


Fig. 3

De aci rezultă că tensiunea e, nu este în fază cu curentul I, și la măsurători trebue deter-

minată atât mărimea cât diferența de fază a tensiunii e, față de curentul I.

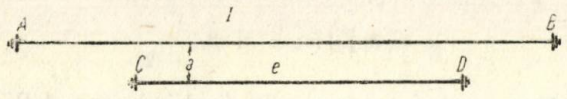


Fig. 4

Luând faza curentului I ca origine pentru faze, tensiunea indusă va fi de forma :

$$e = e\ (\cos\ \varphi + j\ \sin\ \varphi) \qquad (1)$$

Pentru a măsura forța electromotoare, e, în mărime și în fază, ne vom folosi de montajul din figura 5, care ne permite să anulăm forța

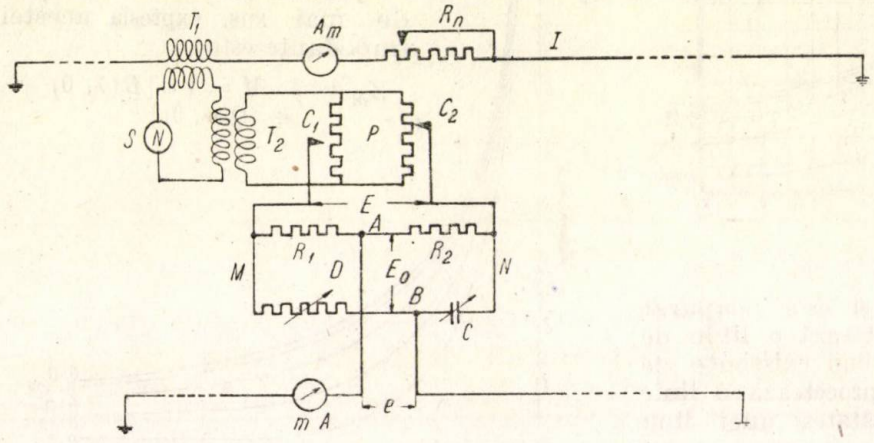


Fig. 5

electromotoare indusă, e, cu altă tensiune E_0 egală și în opoziție de fază cu e.

In acest scop sursa de curent alternativ S alimentează prin transformatorii T_1 și T_2 circuitul inductor și potențiometrul P.

Frecvența acestui curent va fi de 50 Hz pentru cazul când urmărim efectele care dau naștere la accidente și de 800 Hz pentru cazul când urmărim efectele de perturbație a transmisiilor telefonice.

Curentul I din circuitul inductor este măsurat cu ampermetrul A_m și este reglat la valoarea dorită cu ajutorul reostatului R_v.

Potențiometrul P ne permite să luăm prin cursorii C_1 și C_2 o tensiune E în fază cu curentul inductor I sarcinile celor doi transformatori fiind sensibil de aceeași natură (pur ohmice). Tensiunea E este aplicată la bornele MN ale defazorului D, care dă la bornele AB în gol o tensiune E_1 defazată față de E cu un unghi determinat α. Dacă $R_1 = R_2$ o analiză a defazorului ne arată că tensiunea la bornele AB în gol va fi :

$$E_0 = \frac{E}{2}(\cos\ \alpha + j\ \sin\ \alpha) \qquad (2)$$

unde

$$\alpha = 2\ \text{arc tg}\ \frac{1}{\omega C R} \qquad (3)$$

este unghiul dintre tensiunea E_0 și tensiunea E, respectiv curentul I.

Vom varia poziția cursorilor C_1 și C_2 și unul din elementele defazorului R sau C, până când microampermetrul $m\ A$, va arăta un curent nul.

In acest moment tensiunea e, din circuitul indus este egală și de semn contrar cu tensiunea E dela ieșirea defazorului.

Deci

$$E = E_0$$

sau

$$e\ (\cos\ \varphi + j\ \sin\ \varphi) = -\frac{E}{2}(\cos\ \alpha + j\ \sin\ \alpha).$$

De aci rezultă că :

$$e = \frac{E}{2}$$

și $$\varphi = (\pi + \alpha) \qquad (4)$$

In aceste relații tensiunea E se măsoară cu un alt voltmetru electronic iar unghiul α se determină din (3).

Impedanța mutuală se poate scrie atunci fie sub formă teoretică

$$Z_M = j\omega\ M = 4\ \omega\ [P(\lambda, \theta) + jQ(\lambda, \theta)] \qquad (5)$$

fie sub forma dată de experiență

$$Z_M = \frac{e}{I} = \frac{E}{2}[\cos\ (\pi + \alpha) + j\ \sin\ (\pi + \alpha)] \qquad (6)$$

Identificând de exemplu, numai părțile reale se obține :

$$\frac{E}{2}\cos\ (\pi + \alpha) = 4\ \omega\ P(\lambda, \theta) \qquad (7)$$

de unde se poate scoate valoarea funcției $P(\lambda, \theta)$ reprezentată în ordonate în figura 1.

Abscisa corespunzătoare ne va da :

$$\lambda = a\sqrt{4\ \pi\omega\sigma}$$

de unde se poate găsi conductivitatea căutată

$$\sigma = \frac{1}{4\ \pi\ \omega}\ \frac{\lambda^2}{a^2} \qquad (8)$$

Pentruca măsurătorile să fie efectuate în condiții cât mai apropiate de situațiile întâlnite în practică, lungimea circuitului inductor va fi de cel puțin 2 sau 3 km, pentruca masa pământului interesată în măsurători să fie suficient de mare.

Atunci când nu avem nevoie să cunoaștem unghiul impedanței mutuale, lucrurile se simplifică mult fiindcă atunci ne putem servi de modulul impedanței

$$\omega\ M = (Z_m) = \frac{(e)}{(I)}$$

Vom măsura atunci curentul inductor I cu un ampermetru și forța electromotoare indusă

e, cu un voltmetru electronic vom şi deduce inductanţa mutuală din relaţia

$$M = \frac{(e)}{\omega\,(I)}$$

Odată găsită valoarea M a inductanţei mutuale, curbele din figura 5 ne dau pe abscisa corespunzătoare, valoarea parametrului

$$p = 10^6\, a \sqrt{\sigma f}$$

Prin urmare concordanţa căutată va fi :

$$\sigma = \frac{p^2}{10^{12}\, a^2 f} \qquad (9)$$

Atât formula (8) cât şi (9) ne dau conductanţa în unităţi electromagnetice *CGS*. Pentru a obţine conductanţa microohm pe cm va trebui ca valorile obţinute din (8) şi (9) să fie multiplicate cu 10^{15}.

★

ИЗМЕРЕНИЕ ПРОВОДИМОСТИ ГРУНТА

Резюме

Исходя из измерений проводимости грунта произведенных в СССР где была составленна карта проводимости грунта всей европейской части Союза, автор дает принцип метода измерения применимый в Р.Н.Р. и подходящую схему для выполнения этих измерений.

FOLOSIREA DESCĂRCĂTORILOR TUBULARI PENTRU PROTECŢIA INSTALAŢIILOR ELECTRICE IMPOTRIVA SUPRATENSIUNILOR ATMOSFERICE[1]

Ing. GLEB DRĂGAN

Autorul expune principiile care stau la baza folosirii descărcătorilor tubulari pentru protecţia instalaţiilor electrice contra supratensiunilor atmosferice, arată construcţia şi funcţionarea lor, rezultatele obţinute în exploatare, modalităţile de montare în diferite cazuri unde folosirea lor este recomandabilă precum şi principiile de proiectare.

1. CONSIDERAŢII GENERALE

Din datele statistice privind exploatarea reţelelor electrice rezultă că, în cazul unei protecţii nesatisfăcătoare împotriva supratensiunilor atmosferice, numărul de întreruperi a liniilor de transport este deosebit de mare şi anume : 40—50 % la liniile de 110 kV, 70 — 80 % la liniile de 220 kV, din numărul total al întreruperilor [1]. Din această cauză problema protecţiei instalaţiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice a constituit una dintre principalele preocupări ale tehnicienilor. Cu toate că în acest domeniu s'a realizat un progres evident şi s'a ajuns la soluţii suficient de precise în ceeace priveşte sistemul de protecţie ce trebue adoptat, totuşi, în unele probleme, cum este acea a descărcătorilor tubulari, părerile sunt împărţite.

In alegerea sistemului de protecţie, factorul tehnic are un rol hotărîtor.

In afară de consideraţiuni tehnice, care influenţează alegerea unui tip de descărcător, factorul economic impune adeseori să se recurgă la descărcătorii tubulari. Costul protecţiei contra supratensiunilor nu trebue să depăşească o anumită cifră, de cca 15 % din costul transformatorilor.

Descărcătorii tubulari sunt mult mai eftini, astfel că se recomandă adeseaori folosirea lor.

In articolul de faţă se expun principiile de bază ale utilizării descărcătorilor tubulari în protecţia instalaţiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice.

Rolul descărcătorilor este, după cum se ştie, de a stabili, în cazul unor supratensiuni, o derivaţie între linie şi pământ, având o impedanţă suficient de mică pentru a coborî amplitudinea supratensiunilor la o valoare inferioară valorii limite suportate de materialul electric, ce urmează a fi protejat. Odată cu aceasta descărcătorul trebue să întrerupă curentul care îl parcurge după trecerea supratensiunii, într'un timp mai mic decât cel la care funcţionează întreruptorii sau siguranţele instalaţiei electrice de protejat. Calităţile care trebue să le îndeplinească descărcătorii sunt următoarele :

a) tensiunea de amorsare la frecvenţă industrială trebue să fie suficient de mare pentru a evita funcţionarea lor la supratensiuni interne, sub o anumită limită ;

b) tensiunea lor de desamorsare trebue să fie suficient de ridicată pentru ca funcţionarea lor să fie corectă ;

[1]) Extras din referatul prezentat la Institutul de Energetică al Academiei R.P.R.

c) caracteristica tensiunii de amorsare la undele de şoc a eclatorilor descărcătorului trebue să fie inferioară caracteristicilor aparatelor ce trebue protejate ;

d) puterea de scurgere trebue să fie cât mai mare posibilă ;

e) tensiunea lor reziduală nu trebue să depăşească tensiunea la unda de şoc pe care o poate suporta materialul de protejat ;

f) tensiunea de amorsare să fie cât mai puţin influenţată de factorii externi ;

g) descărcătorul să asigure o funcţionare îndelungată, fără să se modifice sensibil caracteristicile sale.

Relativ la tensiunea de amorsare, admiţându-se în general că descărcătorul nu funcţionează la supratensiuni de origine internă, se ia, în mod obişnuit, de circa două ori mai mare ca tensiunea nominală a descărcătorului, ce reprezintă valoarea cea mai ridicată pe care tensiunea reţelei o poate ajunge în funcţionare normală, în punctul unde este montat descărcătorul]2].

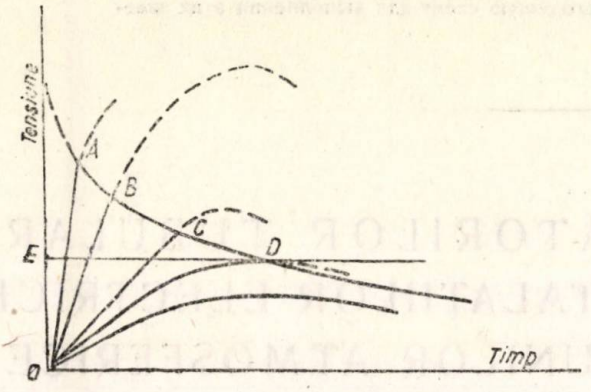


Fig. 1

Tensiunea de desamorsare a descărcătorului este totdeauna mult inferioară tensiunii de amorsare şi se admite în general că ea poate fi egală tensiunii sale nominale.

Se ştie că amplitudinea tensiunii de amorsare la undele de şoc a unui eclator variază cu panta frontului undei, iar curba care ne dă amplitudinea tensiunilor de amorsare se numeşte *caracteristica de amorsare* a eclatorului respectiv.

Tensiunea critică de amorsare a eclatorului reprezintă amplitudinea cea mai ridicată a undei de şoc normale pe care nu o amorsează eclatorul (fig. 1 — CE).

Este evident că ordonatele caracteristicei de amorsare a fiecărei ramuri a unui descărcător trebue, pentru toată durata de amorsare, să fie superioară celor pentru care nici o amorsare sau străpungere nu trebue să se producă pentru materialul de protejat. Aceasta constitue una din bazele problemei coordonării izolaţiei.

De remarcat că, deoarece tensiunea de amorsare la undele de şoc a unui eclator este în funcţie de tensiunea sa de amorsare la frecvenţa industrială, nivelul de protecţie a unui descărcător pentru reţelele cu neutrul legat de pământ, va putea să fie întotdeauna inferior nivelului unui descărcător pentru reţelele cu neutrul izolat.

Căderea de tensiune în descărcător, la unde de şoc, reprezintă *tensiunea reziduală* a descărcătorului.

Se numeşte *puterea de scurgere* a descărcătorului puterea de scurgere pentru care o tensiune maximă, denumită *tensiunea reziduală nominală*, este garantată. Tensiunea reziduală a unui descărcător depinde atât de amplitudinea, cât şi de panta undei de şoc. Curba tensiunii reziduale în funcţie de curentul de şoc, ne dă *caracteristica volt-amper* a descărcătorului (fig. 2). In consecinţă este necesar a se preciza pentru fiecare tensiune reziduală şi forma curentului de şoc pentru care ea corespunde.

Curba care dă în ordonate tensiunea reziduală a unui descărcător în funcţie de valorile crestei undelor de curent, de forma specificată, se numeşte *caracteristica tensiune reziduală — curent* a descărcătorului, tensiunea reziduală nominală corespunzând puterii de scurgere nominale a descărcătorului [2].

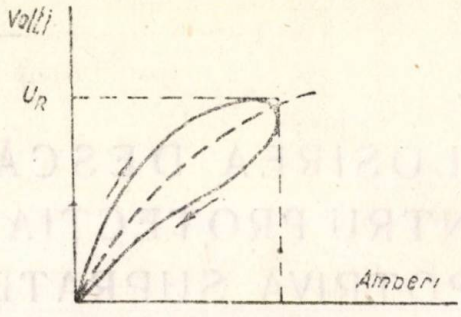


Fig. 2

Caracteristica tensiune reziduală — curent a unui descărcător, pentru reţea trifazată cu neutrul legat la pământ, pentru aceleaşi condiţii, este totdeauna mai favorabilă decât aceea a unui descărcător pentru reţelele cu neutrul izolat.

Aceste precizări vor permite definirea caracteristicilor unui descărcător tubular şi compararea descărcătorului tubular cu un descărcător cu rezistenţă variabilă.

CONSTRUCŢIA ŞI FUNCŢIONAREA DESCĂRCĂTORILOR TUBULARI

Descărcătorul tubular, sub forma sa cea mai simplă, este format dintr'un tub din material izolant, ce are proprietatea de a degaja gaze sub influenţa arcului ce se formează între cei doi electrozi montaţi la capetele tubului. Unul dintre electrozi (electrodul superior) este o tijă cilindrică, celălalt (electrodul inferior) este prevăzut cu un orificiu ; este de preferat ca electrozii să fie confecţionaţi dintr'un metal antiarc (6).

Descărcătorii tubulari utilizaţi în practică sunt de tipuri extrem de variate. Neexistând elemente de calcul precise, iar factorul economic jucând un rol important, s'au propus diferite construcţii, unele din ele prezentând o serie de

avantaje, cele mai multe rămânând simple încercări, fără să se fi introdus prea mult în practică.

In articolul de față nu se vor descrie diferitele tipuri de descărcători tubulari utilizați în practică, cu atât mai mult cu cât au apărut o serie de articole [4,29] în care au fost expuse tipurile cele mai caracteristice ; în literatura de specialitate [5, 6, 20] se găsesc deasemenea detalii suficiente.

Descărcătorul tubular de tip obișnuit, se montează la rețea cu lăsarea unui interval — denumit intervalul de străpungere exterior — evitându-se astfel acțiunea continuă a tensiunii

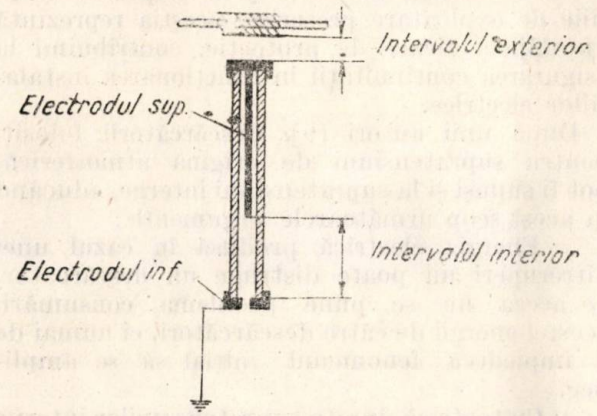


Fig. 3

asupra descărcătorului (fig. 3), deoarece materialul, din care este format tubul izolant al descărcătorului se carbonizează sub acțiunea continuă a tensiunii, în deosebi când este umed. In cazul unei supratensiuni, unda de tensiune străpunge mai întâi intervalul exterior apoi cel interior și se scurge la pământ. Curentul care ia naștere poate atinge valori foarte mari, mai ales în cazul rețelelor cu neutrul legat direct de pământ. Cu cât arcul electric, ce ia naștere între cei doi electrozi ai descărcătorului, este mai puternic, emisiunea de gaze degajate de fibră este mai importantă. Puterea de descărcare este deci funcție de intensitatea curentului ce trebue tăiat.

Datorită formării intense a gazelor, presiunea în descărcător crește mult (până la 100 at. și mai mult) ; ca o urmare a amestecului gazelor și a răcirii acestora, precum și din cauza suflajului de gaze ce se produce, are loc o intensă deionizare a intervalului interior, iar arcul electric de cele mai multe ori, după trecerea curentului prin zero, nu se mai formează.

Tensiunea necesară pentru formarea arcului în semiperioada următoare este mult mai mare decât tensiunea necesară menținerii arcului și ia naștere între contactele arcului doar după un timp de câteva zeci sau sute de microsecunde, aceasta fiind funcție de caracteristicele rețelei. Dacă în acest timp rigiditatea dielectrică între cei doi electrozi a devenit din nou suficient de mare, nu mai are loc formarea unui nou arc. Creșterea rigidității dielectrice a gazelor se datorește recombinării dintre ioni, faptului că o parte din ioni sunt cedați pereților tubulari și mai ales formării gazelor ce duce la ridicarea presiunii și în consecință la suflajul de gaze.

Este de menționat că viteza de restabilire a tensiunii după descărcare este în funcție și de frecvența proprie de oscilație a rețelei. Intensitatea curentului, pe care descărcătorul poate să-l taie, depinde deasemenea de această frecvență. Dealtfel este dificil de a se determina frecvența proprie de oscilație a unei rețele, astfel încât din acest punct de vedere, este mai bine a se face încercări direct pe rețele, amorsând artificial descărcătorul printr'un fir de argint de un diametru de 0,02 mm pentru a se constata dacă descărcătorul taie de fiecare dată curentul care ia naștere.

Pentru fiecare descărcător există anumite limite bine determinate a valorii maxime și minime a curenților ce pot fi tăiați. Dacă curentul depășește limita superioară, presiunea ce ia naștere în tub, datorită cantității prea mari de gaze produse, poate duce la distrugerea acestuia. Dacă din contra curentul este prea mic, cantitatea de gaze produse este prea mică, iar stingerea arcului nu are loc. Acest fapt poate duce la funcționarea releului de protecție și scoaterea din funcțiune a părții de linie protejată de descărcător.

După un anumit timp de funcționare, diametrul interior al descărcătorului crește, ceeace duce la mărirea limitei minime a curentului admisibil.

Condiția esențială, pe care trebue s'o îndeplinească descărcătorul, este ca tensiunea de amorsare a acestuia să fie inferioară tensiunii de conturare sub unda de șoc a izolatorilor liniei de înaltă tensiune sau a izolatorilor suport a postului de transformare protejat [3].

O idee justă în ceeace privește protecția contra supratensiunilor cu ajutorul descărcătorilor se poate face comparând între ele curbele tensiune-timp ale descărcătorilor și ale izolatorilor suporți, în cazul unei unde de șoc.

Curbele volt-secundă (fig. 4) ale descărcătorilor sunt mai aplatizate decât cele ale izolatorilor suporți ; rezultă că datorită diferențelor în ceeace privește timpul de amorsare a descărcătorilor și a izolatorilor tubulari este suficient de eficace dacă între cele două curbe este o diferență suficientă.

Aceste considerații determină pe unii autori [8, 10] să ajungă la concluzia că descărcătorii tubulari pot fi folosiți cu succes pentru protecția instalațiilor electrice de medie tensiune, ținând seama și de factorul economic ce intervine în acest caz. In realitate intervine zona de dispersiune specifică descărcătorilor tubulari, care nu permite stabilirea precisă a caracteristicilor de funcționare a acestor descărcători.

Este de menționat deasemenea că pentru undele cu pantă mare descărcătorii tubulari prezintă o inerție prea mare. După părerea constructorilor de aparataj electric, această inerție de amorsare nu prezintă vreun pericol în cazul transformatorilor noi, a căror clasă de

izolație corespunde tensiunii de serviciu a rețelei. Asupra acestor probleme vom mai reveni în cadrul acestei lucrări.

Practica exploatării și cunoașterea caracteristicilor de funcționare a descărcătorilor tubu-

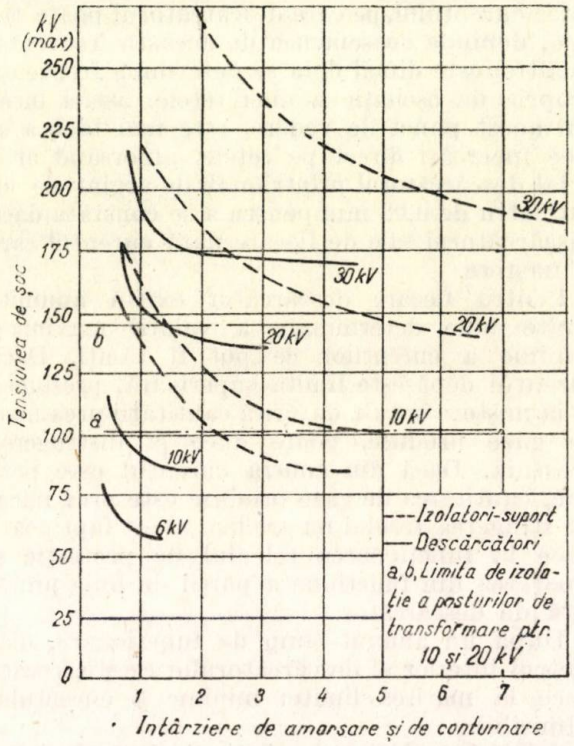


Fig. 4

lari a permis să se precizeze domeniul de utilizare al acestora. Descărcătorii tubulari singuri nu se folosese decât pentru protecția anumitor puncte izolate ale liniilor electrice. Protecția stațiilor împotriva undelor călătoare se realizează în primul rând cu ajutorul descărcătorilor cu rezistență variabilă. Totuși numărul descărcătorilor tubulari folosiți la protecția unei stații este deobicei mai mare ca numărul descărcătorilor cu rezistență variabilă, rolul lor fiind de a micșora amplitudinea undei și de a proteja aparatajul montat pe plecările liniilor aeriene. Pentru descărcătorii cu rezistență variabilă, descărcătorii tubulari reprezintă un fel de supape ce nu permit pătrunderea undelor de amplitudine prea mare, și care ar putea duce la distrugere sau o protecție nesigură a descărcătorilor cu rezistență variabilă.

Rezultă din descrierea făcută că descărcătorul tubular reprezintă un aparat economic și util pentru protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice. Costul propriu zis al aparatului ca și cheltuelile de montare reprezintă o cotă cu totul redusă față de costul total al instalației. La folosirea descărcătorilor tubulari pentru protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice trebue să se țină seama însă de toate condițiile tehnice impuse, deoarece, în caz contrar, descărcătorii tubulari pot să reprezinte o sursă de avarii.

Asupra utilității folosirii descărcătorilor tubulari pentru protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice au existat și există încă multe controverse. Pe de o parte, simplicitatea deosebită a acestui aparat, iar pe de altă parte avariile provocate printr'o concepție greșită a folosirii lor a făcut ca unii tehnicieni să nu aibă încredere în descărcătorii tubulari, renunțând la utilizarea lor. Practica exploatării și analizarea pe bază de statistici a avariilor produse în instalațiile electrice, datorită supratensiunilor atmosferice, a arătat că în cazul când montarea descărcătorilor tubulari se face conform normelor și se respectă condițiile de exploatare prescrise, aceștia reprezintă un mijloc eficace de protecție, contribuind la asigurarea continuității în funcționarea instalațiilor electrice.

După unii autori [9], descărcătorii folosiți pentru supratensiuni de origină atmosferică, pot fi supuși și la supratensiuni interne, aducând în acest scop următoarele argumente :

— Energia electrică produsă în cazul unei întreruperi nu poate distruge un descărcător, de aceea nu se pune problema consumării acestei energii de către descărcători, ci numai de a împiedeca fenomenul inițial să se amplifice.

— Cu toate că durata supratensiunilor interne este mult mai mare ca durata supratensiunilor atmosferice, totuși timpul de 10^{-4} la 10^{-2} s, cât durează supratensiunile interne este prea scurt pentruca efectele termice produse de arcul de amorsare să poată modifica caracteristicile descărcătorului.

In concluzie, ar rezulta că descărcătorii tubulari trebue să suporte supratensiunile interne ca și cele atmosferice, dacă dorim să obținem o protecție satisfăcătoare.

Modul de tratare a problemei, așa cum s'a arătat în cele de mai sus, nu reprezintă o soluționare, iar argumentele aduse sunt discutabile. In primul rând nu este suficient de clar în ce măsură un descărcător poate să împiedice amplificarea fenomenului ce se produce în cazul unei supratensiuni interne. In al doilea rând, atât timp cât nu sunt elemente suficiente pentru a se putea studia și determina cantitativ fenomenul, nu se poate rezolva problema utilizării descărcătorilor pentru protecția instalațiilor electrice contra supratensiunilor interne.

Este de menționat că tehnica sovietică pleacă dela principiul că rolul descărcătorilor este de a proteja instalațiile electrice împotriva supratensiunilor de origine atmosferică [5].

In concluzie, în momentul de față nu există suficiente elemente pentru a putea stabili posibilitatea folosirii descărcătorilor cu rezistențe variabilă sau a descărcătorilor tubulari pentru protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor interne. Numai după ce vor cunoaște mai precis fenomenele ce iau naștere în cazul acestor supratensiuni și în deosebi se va putea determina atât valorea supratensiunii, care ia naștere, cât și energia ce intră în joc, se va

putea preciza în ce măsură și când este utilă folosirea descărcătorilor.

In ceeace privește funcționarea descărcătorilor tubulari, în cazul curenților capacitivi, sau curenților inductivi, în baza experiențelor efectuate, s'au putut constata următoarele :

Descărcătorii tubulari taie ușor curenții capacitivi de 1 la 20 A. In fig. 5 este dată o oscilo-

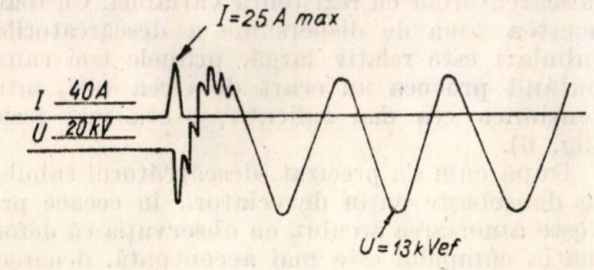


Fig. 5

gramă în care se arată tăierea unui curent capacitiv, de către un descărcător de 15 kV ; tăierea curentului, a cărui valoare maximă a atins 25 A max., a avut loc în mai puțin de o semiperioadă.

Atât practica exploatării, cât și încercările de laborator au arătat că este rațională folosirea descărcătorilor tubulari în cazul rețelelor cu neutrul legat la pământ cu ajutorul unei bobine de stingere.

Funcționarea descărcătorilor tubulari în cazul unei puneri la pământ a rețelelor cu neutrul izolat se poate explica prin producerea unei supratensiuni relativ mari ce poate să ia naștere în acest caz, precum și datorită faptului că tensiunea de amorsare a descărcătorilor tubulari ce se găsesc în exploatare, scade cu timpul [7]. Limita inferioară a tensiunii de amorsare poate fi considerată tensiunea de străpungere a intervalului exterior, care în cazul rețelelor de 35 kV este de 2,2...2,6 U_f, unde U_f este tensiunea pe fază. Pe de altă parte în cazul unei puneri la pământ la rețelele de 35 kV, pot apărea supratensiuni de ordinul 3 U_f, ceeace explică funcționarea descărcătorilor tubulari.

In ceeace privește tăierea curenților inductivi se știe că descărcătorii tubulari taie curenți cuprinși între două limite, ceeace se poate verifica ușor și pe cale experimentală.

Deoarece rigiditatea dielectrică restabilită în funcție de timp variază cu intensitatea curentului tăiat, se poate determina aproximativ, pentru o intensitate dată, variația rigidității în funcție de timp, măsurând tensiunile instantanee de reamorsare pentru un curent dat și pentru diverse frecvențe de oscilație liberă.

Cu toate că forma și valoarea acestor caracteristici variază mult în funcție de caracteristicile constructive ale descărcătorului, se pot stabili totuși câteva legi generale :

— Oricare ar fi curentul tăiat și frecvența de oscilație liberă, există o tensiune maximă, în general inferioară valorii maxime a tensiunii de amorsare la frecvența industrială, peste valoarea căreia reamorsarea se produce întotdeauna ;

— In general rigiditatea dielectrică restabilită este de aceeași ordine de mărime, atât pentru curenții de câteva zeci de amperi, cât și pentru curenții de ordinul a o sută de amperi, căci în acest ultim caz intensificarea suflajului este compensată printr'o creștere a ionizării reziduale. Limita de tăiere a descărcătorilor tubulari este în funcție de frecvența de oscilație liberă, cel puțin pentru curenții mai mici de 500-1000 A.

Pentru o mai bună precizare a caracteristicilor de funcționare a descărcătorilor tubulari se impune o comparație cu descărcătorii cu rezistența variabilă.

Intre descărcătorii cu rezistență variabilă și descărcătorii tubulari există deosebiri în ceeace privește forma caracteristicii tensiune-timp, tensiune reziduală, putere de scurgere, etc.

In cazul descărcătorilor tubulari, electrozii fiind distanțați, caracteristica tensiune-timp nu este atât de plată cum este caracteristica descărcărilor cu rezistență variabilă, având totuși o pantă mai mică decât aceea a izolatorilor de susținere, de traversare sau a transformatorilor. In schimb tensiunea reziduală este foarte mică, ceeace ameliorează protecția.

In privința tensiunii de amorsare, descărcătorii tubulari, ca și descărcătorii cu rezistența variabilă, sunt reglați la o tensiune cel puțin egală cu dublul tensiunii compuse a rețelei. Din acest punct de vedere descărcătorii tubulari prezintă un avantaj față de alte sisteme de protecție în sensul că, exceptând supratensiunile interne de mare amplitudine, amorsarea arcului nu produce, în mod obișnuit, distrugerea lor, ceeace se poate întâmpla în cazul descărcătorilor cu rezistență variabilă.

In cazul amorsării sub unda de șoc, nivelul de protecție a descărcătorilor cu rezistență variabilă este definit de către tensiunea reziduală, corespunzând curentului nominal de descărcare. Deoarece tensiunea reziduală a descărcătorilor tubulari este foarte mică, nivelul de protecție este fixat prin tensiunea de 50% din cea de amorsare la șoc, putându-se obține un nivel de protecție, după unii autori (10) de același ordin ca acel al descărcătorilor cu rezistență variabilă.

In realitate intervine zona de dispersiune caracteristică descărcătorilor tubulari, care face ca din acest punct de vedere descărcătorii cu rezistență variabilă să asigure o protecție mai sigură.

După amorsare, tensiunea la bornele descărcătorului scade brusc, dela valoarea tensiunii de amorsare la șoc la aceea a tensiunii reziduale inițiale, care corespunde la maximul tensiunii reziduale și reprezintă circa 15...20% din tensiunea de amorsare. Această cădere de tensiune, care are loc într'un timp scurt, poate provoca supratensiuni între spirele transformatorilor, ceeace nu are loc în cazul descărcătorilor cu rezistență variabilă la care căderea de tensiune e mai mică.

In sfârșit, față de descărcătorii cu rezistență variabilă, descărcătorii tubulari prezintă avan-

tajul că permit obținerea simultană a unei tensiuni reziduale scoborîte și scurgerea unei cantități de electricitate mari.

Nu trebue să se înțeleagă însă că, cu cât tensiunea reziduală este mai joasă, cu atâta aparatul de descărcare este mai bun, din acest punct de vedere, deoarece scoborîrea sub o anumită valoare limită poate provoca oscilații de tensiune în rețea. Aceste oscilații nu sunt în general primejdioase, însă în anumite condiții

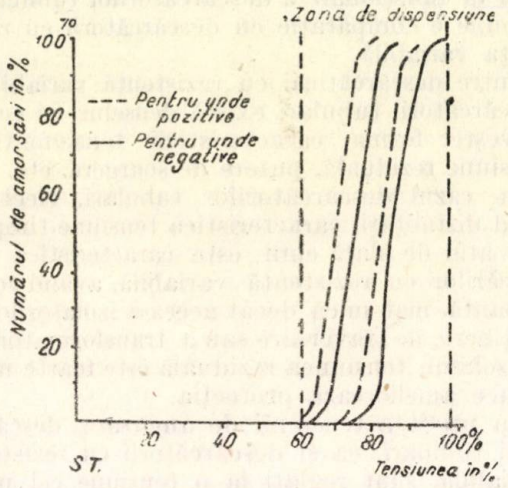


Fig. 6

capătă un caracter cumulativ, ceeace poate provoca dificultăți în exploatarea rețelelor electrice.

In ceeace privește zona de dispersiune, ea se datorește faptului că durata de amorsare nu este constantă. Această zonă de dispersiune este cu atât mai mare cu cât câmpul eclatorilor este mai puțin uniform, cum este cazul descărcătorilor tubulari. Această fluctuație rezultă din durata variabilă a stadiului de formare a efluviilor care caracterizează acești eclatori, aceste efluvii tinzând să egalizeze câmpul înainte de amorsare. Fenomenul este deci direct legat de durata de amorsare, care este relativ mare pentru eclatorii tijă, la care, pentru a accelera amorsarea, este necesar să se ridice mult tensiunea aplicată. Se poate constata, din rezultatele de laborator înregistrate, că această cauză de dispersiune poate duce la variație a tensiunilor de 27%.

Deoarece o poziție complect simetrică a eclatorilor nu este posibilă, este prudent de a se considera o ușoară diferență între două tensiuni de amortizare, de ordinul 7% din valoarea cea mai ridicată.

O a treia cauză de dispersiune se datorește stării de ionizare a aerului, care influențează într'o oarecare măsură asupra duratei primului stadiu de amorsare; se constată o diferență a tensiunilor de 12% din valoarea maximă a tensiunii.

In sfârșit pentru eclatorii montați în aer liber, cum este cazul descărcătorilor tubulari, mai intervin două cauze suplimentare ce provoacă dispersiunea tensiunii de amorsare și anume starea higrometrică a aerului și murdărirea eclatorilor. In general, creșterea umidității absolute a aerului și a murdăririi electrozilor duce la o creștere destul de sensibilă a tensiunii de amorsare la șoc a eclatorilor.

Prin diferite dispozitive de ordin constructiv se poate reduce zona de dispersiune provocată de ultimele trei cauze, care nu există în cazul descărcătorilor cu rezistență variabilă. Cu toate acestea zona de dispersiune a descărcătorilor tubulari este relativ largă, primele trei cauze putând provoca un ecart de circa 40% între tensiunea cea mai ridicată și cea mai joasă (fig. 6).

După cum s'a precizat, descărcătorul tubular se deosebește puțin de eclatori, în ceeace privește amorsarea arcului, cu observația că deformația câmpului este mai accentuată, deoarece intervalul de străpungere este înconjurat de un perete izolant, amorsajul fiind precedat de curenți de scurgere care au loc pe pereții interiori ai tubului. Această constatare determină pe unii autori [12] să ajungă la concluzia că descărcătorul tubular, așa cum se prezintă astăzi, nu poate fi folosit decât în aceleași condiții ca un eclator, ceeace nu este just, dat fiind că există deosebiri fundamentale în modul de funcționare a acestor aparate, ceeace dictează o comportare diferită în protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice. In cazul descărcătorilor tubulari, arcul electric produs fiind stins de gazele produse, nu mai are loc întreruperea liniei, fenomen mult mai posibil în cazul eclatorilor; este evident că problema stingerii cât mai rapide a arcului electric are o importanță deosebită în protecția instalațiilor electrice.

Din punct de vedere al coordonării izolației, problema se poate pune în trei moduri diferite, așa cum se arată în fig. 7.

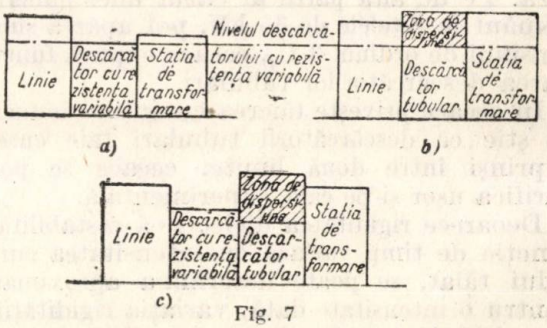


Fig. 7

Ne interesează mai mult cazurile *b* și *c*, fiind vorba de descărcători tubulari.

Existând o zonă de dispersiune prea largă, nu se poate pune problema unei bune coordonări a izolației, mai ales în cazul liniilor de tensiune înaltă. Condițiile sunt mai favorabile, din acest punct de vedere, pentru liniile de tensiune mai mică, în care raportul dintre nivelul de izolare a instalațiilor și tensiunea de serviciu, este mai mare.

Ținând seama că o serie de factori influențează în același sens tensiunea de amorsare, ar

fi util, după unii autori [12] ca să se monteze descărcători pe fiecare lanț de izolatori, singurul desavantaj constând în faptul că soluția este oneroasă. Practica exploatării rețelelor electrice în Uniunea Sovietică a arătat că montarea descărcătorilor tubulari pe fiecare suport nu este recomandabilă fiind o sursă de avarii, ceeace este explicabil ținând seama de faptul că nu se poate asigura o funcționare sigură și uniformă a tuturor descărcătorilor tubulari pe o linie. Descărcătorii tubulari pot fi considerați ca aparate de protecție suplimentară, coordonarea făcându-se conform schemei din fig. 7 c.

Din cele expuse până acum rezultă că descărcătorii tubulari, pe lângă avantajul simplicității în construcție și a prețului redus, de care s'a amintit, asigură o funcționare sigură pentru anumite limite ale curentului de scurtcircuit, trebuind să ținem seama însă de zonele de dispersiune corespunzătoare.

Pe lângă aceste avantaje, acești descărcători prezintă și o serie de desavantaje și anume :

— Funcționarea problematică pentru curenții în afara limitelor de funcționare prevăzute, limite ce sunt în funcție și de starea de uzură. Alegerea corespunzătoare a descărcătorilor și o exploatare atentă duce la evitarea acestui desavantaj.

— Capacitatea de stingere redusă în cazul când rezistența de punere la pământ este mai mare. Din ceastă cauză prescripțiile sovietice prevăd o anumită valoare maximă a rezistenței de punere la pământ a descărcătorului.

— Inerția mare la amorsare, ceeace reprezintă un desavantaj mai ales în cazul undelor de șoc cu pantă mare. Totodată tensiunea de amorsare este relativ ridicată, ea fiind în funcție și de starea atmosferică. Aceste desavantaje pot fi înlăturate, în bună parte, renunțându-se la simplicitatea construcției.

— Materialul izolant din care se confecționează descărcătorii fiind higroscopic, este necesar, în cazul când nu se recurge la un înveliș de porcelan, la vopsirea anuală cu un lac special, ceeace duce la dificultăți în exploatarea lui. Acest desavantaj se poate evita montând descărcătorul într'o cămașă protectoare.

Cu toate aceste desavantaje, descărcătorul tubular rămâne un aparat util pentru protecția împotriva supratensiunilor atmosferice și datorită simplicității sale se recomandă a fi folosit. Este de menționat, că practica exploatării rețelelor din Uniunea Sovietică a precizat domeniul de utilizare a descărcătorilor tubulari, existând indicațiuni în acest sens în prescripțiile privind protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice.

3. REZULTATELE OBȚINUTE IN EXPLOATAREA INSTALAȚIILOR ELECTRICE PREVĂZUTE CU DESCĂRCĂTORI TUBULARI PENTRU PROTECȚIA IMPOTRIVA SUPRATENSIUNILOR ATMOSFERICE

Practica exploatării instalațiilor electrice a permis să se strângă un material extrem de util în ceeace privește rolul descărcătorilor tubulari în protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice. Date de acest fel se pot găsi îndeosebi în articolele publicate în ultimul timp în revistele Electricestvo și Electriceschie Stanții [13, 14, 15, 16].

Din aceste date statistice rezultă că folosirea descărcătorilor tubulari pentru protecția liniilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice este limitată, descărcătorii tubulari reprezentând adeseori o sursă de avarii. In momentul de față se poate afirma că un descărcător poate evita conturnarea izolatorilor numai la lanțul de izolatori pe care este montat. Pe de altă parte montarea descărcătorilor pe fiecare lanț de izolatori a dat rezultate negative. atât din cauza lipsurilor constructive, pe care le prezintă aceste aparate și care au fost menționate anterior, cât și din cauza dificultăților de exploatare la care duc.

Analizând rezultatele obținute în exploatarea rețelelor electrice de înaltă tensiune pe o perioadă de 3 ani, pe baza unui material documentar imens (circa 10.000 km ani) [13] se poate constata că înmulțirea numărului de descărcători tubulari montați pe linie nu îmbunătățește protecția liniilor împotriva supratensiunilor atmosferice.

Rezultatele interesante sunt publicate de Prof. V. Burgsdorf în rev. Electricestvo, No. 2, din 1949 [14], autorul ajungând la concluzia că folosirea în masă a descărcătorilor tubulari pentru protecția liniilor, nu reprezintă o soluție.

Rezultate și mai concludente se pot constata din datele statistice privind exploatarea sistemului Ivanenergo [15], redate în tabela Nr. 1.

Tabela 1

Anul	Numărul de descărcători tubulari de 6—35—100 kV, montați	Indicele keraunic mediu	Numărul de descărcători tubulari ce au funcționat buc/an	Numărul de instalații prevăzute cu întrerupători automați cu reanclanșare 6-10—35-110 kV	Numărul de descărcători cu rezistență variabilă montați, buc.	Numărul de avarii
1946	2 103	20	250	46	453	3
1947	2 126	19	178	50	462	2
1948	1 893	21	242	48	465	3
1949	1 560	27	370	62	498	4
1950	1 443	19	234	68	528	—
1951	1 359	19	80	96	570	—

Limitarea avariilor în ultimii ani se datorește în bună parte întrerupătorilor cu reanclanșare automată.

Numărul de avarii și întreruperi în rețelele de 35 și 110 kV sunt date în tabela Nr. 2.

Tabela 2

Caracterul avariilor și a întreruperilor	In rețele de 35 kV	In rețele de 110 kV
Conturnarea izolației	2	8
Avarierea descărcătorilor tubulari	3	14
Prelungirea arcului electric în descărcătorii tubulari	1	7
Alte cauze	—	10

Se poate constata, din datele care se dau, că una din cauzele avariilor și a întreruperilor este dată de descărcătorii tubulari. In cazul descărcătorilor tubulari montați în rețele cu neutrul izolat se constată adesea trecerea scurtcircuitelor monofazate în scurtcircuite bifazate, prin descărcători ; în cazul când rezistența de punere la pământ a descărcătorului este mare, arcul se stinge cu întârziere, ceeace poate duce la avarii.

Din cele menționate mai sus rezultă că folosirea în masă a descărcătorilor tubulari pentru protecția liniilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice s'a dovedit un sistem defectuos, ce reprezenta adesea o cauză de avarii. Aceste constatări au fost confirmate atât de practica exploatării instalațiilor electrice cât și de încercările de laborator care au adus o serie de precizări importante în ceeace privește funcționarea acestor aparate. Astfel s'a putut constata că, căderea de tensiune în descărcătorul tubular este mult mai mare decât cea propusă înainte, deoarece arcul are loc într'un tub de un diametru mic.

Totodată, descărcătorul tubular în anumite cazuri prelungește stingerea arcului. Se întâmplă adesea ca un trăsnet să aibe mai multe descărcări ; descărcătorul nu reușește să stingă curentul de scurtcircuit când începe o altă descărcare, ceeace prelungește și mai mult stingerea arcului. Datorită acestui fapt se recurge la mărirea timpilor de acționare a releelor, sistemul de protecție devine mai puțin selectiv, iar funcționarea aparatajului la scurtcircuite se îngreunează. Paralel cu cele menționate pot însă să apară avarii mari. Din cauza stingerii întârziate a arcului de către descărcătorul tubular, întrerupătorul începe să declanșeze. In acest timp descărcătorul stinge arcul și este din nou străpuns. Curentul de scurtcircuit ce trece prin contactele desfăcute ale întrerupătorului poate provoca distrugerea acestuia. Astfel, se menționează [21] că în sistemul energetic Celeabinsc din U.R.S.S., în baza datelor statistice constatate pe o perioadă de trei ani, 56% din declanșările liniilor provocate de supratensiuni atmosferice se datoresc întârzierii de stingere a arcului de către descărcătorii tubulari montați pe linii.

Datorită acestor considerațiuni pare puțin rațional ca descărcătorii tubulari să fie fixați pe toată lungimea liniei, domeniul de utilizare a acestor aparate fiind limitat la anumite puncte ale instalațiilor electrice.

Problema cea mai dificilă în exploatarea descărcătorilor tubulari este datorită faptului că, materialul izolant al tubului, fiind higroscopic, este necesară lăcuirea periodică a suprafeței exterioare a tubului.

In sfârșit în exploatarea descărcătorilor tubulari se pune problema verificării lor periodice și a înregistrării numărului de funcționare a descărcătorului, existând în acest scop diferite tipuri de contoare. Nu vom intra în aceste probleme, care privesc exploatarea, menționând că ele reprezintă o preocupare continuă a tehnicienilor [22, 23, 24, 25, 26, 27].

4. MODALITĂȚILE DE ECHIPARE A DESCĂRCĂTORILOR TUBULARI ȘI SOLUȚIILE CE SE RECOMANDĂ

Din recomandările literaturii tehnice și mai ales după indicațiile prescripțiilor privind protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice, rezultă că montarea descărcătorilor tubulari este necesară în următoarele puncte [7, 14, 18, 19, 28] :

a) *In cazul protecției liniilor electrice*

Descărcătorii tubulari se montează la intersecția liniilor electrice de 20 kV și mai mult cu liniile de tensiune mai mică sau cu liniile de telecomunicații, și anume pe suporții ce mărginesc intersecția liniilor. In cazul intersecțiilor a două linii de înaltă tensiune (dela 20 kV în sus), se recomandă ca descărcătorii tubulari să se monteze pe suporții ambelor linii ce mărginesc intersecția. Rolul descărcătorilor tubulari este de a evita formarea de arcuri electrice, în cazul unei lovituri de trăsnet, între cele două linii, precum și pentru a evita distrugerea izolatorilor. In cazul când linia care intersectează este prevăzută cu conductori de protecție, sau în cazul când distanța dintre conductorii liniilor ce se intersectează este mai mare decât o anumită valoare minimă, montarea descărcătorilor nu mai este necesară.

Montarea descărcătorilor tubulari este necesară și pe suporții având izolația slăbită (suporții pentru rotirea fazelor, suporții metalici la o linie pe suporți din lemn, etc.).

b) *In cazul protecției stațiilor de conexiune și de transformare*

Rolul descărcătorilor tubulari montați la intrarea liniilor aeriene în stații, sau chiar pe cadrul stației, este de a proteja aparatajul liniei respective (separatori, întrerupători), când

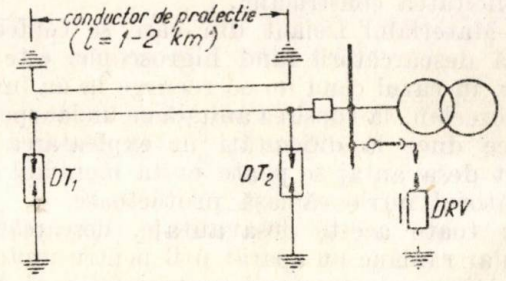


Fig. 8

aceștia sunt în poziție deschisă, ceeace duce la reflexia undelor de supratensiune și deci la mărirea amplitudinii lor, precum și de a micșora amplitudinea undelor de supratensiune ce vin de pe linie, nepermițând pătrunderea undelor de supratensiune cu amplitudini prea mari la descărcătorii cu rezistență variabilă, montați în mod obișnuit pe barele stației.

In cazul când liniile aeriene, legate la stații sunt prevăzute cu conductori de protecție pe toată lungimea lor, descărcătorii tubulari se montează numai pe suportul la care se oprește

conductorul de protecție (eventual pe cablul stației). La liniile prevăzute cu conductorii de protecție numai la intrarea lor în stații, descărcătorii tubulari se montează, pe suporții dela capetele conductorului de protecție (fig. 8). In cazul când liniile aeriene nu au conductori de protecție, se vor prevedea două grupuri de descărcători, primul montându-se în imediata apro-

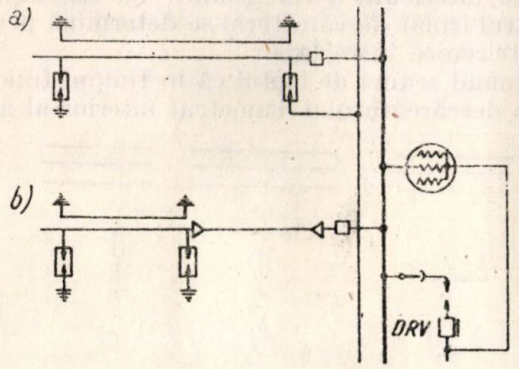


Fig. 9

piere a stației, sau la manșonul terminal al cablului (în cazul când ieșirile liniilor se fac în cablu), iar al doilea grup la 100...200 m de primul grup (fig. 9).

c) *Protecția mașinilor electrice ce alimentează direct liniile aeriene*

Protecției mașinilor electrice ce alimentează direct linii aeriene, este necesar să i se acorde o atenție deosebită, deoarece supratensiunile de natură atmosferică pot duce la avarierea mașinilor.

In cazul când puterea generatorilor este mai mică decât 3 000 kW, protecția împotriva supratensiunilor atmosferice se face conform figurii 10 a, unde se pot vedea punctele unde se montează descărcătorii tubulari.

Generatorii a căror putere este cuprinsă între 3 000 kW și 12 000 kW exclusiv, pot alimenta linii aeriene la tensiunea barelor, numai dacă legarea liniilor se face prin intermediul unui cablu de cel puțin 100 m lungime, iar liniile sunt prevăzute cu conductori de protecție lungi

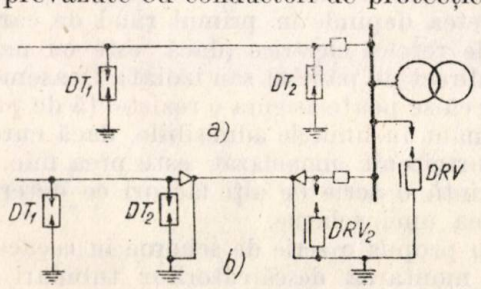


Fig. 10

de cel puțin 300 m. Pe suportul unde începe conductorul de protecție, ca și la manșonul terminal al cablului, se montează descărcători tubulari (fig. 10 *b*).

Alegerea intervalului de străpungere exterior este de o importanță deosebită. După indicațiile date în literatura tehnică sovietică, mărimea intervalului exterior trebue astfel aleasă, încât caracteristica volt-secundă a descărcătorului să fie cu circa 25% sub caracteristica rețelei de protejat; valorile intervalului exterior de străpungere sunt date în prescripții [18]:

Funcționarea descărcătorilor DT_1 poate reprezenta, în anumite condiții, o sursă de avarii, din cauza tăierii brusce a tensiunii, la funcționarea lor, în imediata apropiere a transformatorilor. Pe de altă parte, este de evitat funcționarea descărcătorilor tubulari la supratensiuni de origină internă, care — în cazul rețelelor cu neutrul izolat — pot atinge valoarea de 3 U_f, după cum s'a menționat mai sus. In cazul rețelelor cu neutrul legat la pământ, se constată deasemeni funcționarea descărcătorilor tubulari la supratensiuni interne, produse la declanșarea liniilor puțin încărcate [7]. Din aceste motive, unii autori [7, 28] au propus următoarele valori pentru intervalele de străpungere exterioare:

linii de 35 kV, DT_1 — 100 mm și DT_2 — 120 mm
linii de 110 kV, DT_1 — 350 mm și DT_2 — 400 mm

La montarea descărcătorilor tubulari, este necesar să se țină seama și de alte elemente, care influențează buna funcționare a acestor aparate și anume:

— care sunt, aproximativ, valorile tensiunilor reziduale, corespunzătoare curentului maxim și minim;

— valoarea curentului maxim;

— valoarea curentului minim cu specificare până la ce mărime a diametrului interior se garantează funcționarea descărcătorului la această valoare a curentului;

— caracteristica volt-secundă specificată, dacă se poate pentru fiecare micro secundă;

— schema de montare a descărcătorilor tubulari.

La aceasta ar trebui să se adauge cunoașterea frecvenței proprii a rețelelor, pentru a se verifica funcționarea descărcătorilor din acest punct de vedere, element mai greu de stabilit, mai ales că de cele mai multe ori nu avem dependența funcționării descărcătorilor în funcție de frecvența proprie a rețelelor electrice.

In ceeace privește tensiunea reziduală, experiențele de laborator au arătat că în sistemele cu neutrul legat la pământ printr'o reactanță relativ mică, maximul tensiunii reziduale era cuprins între 1,5 și 1,75 U, dacă rezistența de punere la pământ era zero, U fiind tensiunea între faze. Valoarea 1,75 se referă mai mult la sistemele de tensiune foarte înaltă. Totodată este necesar să se menționeze că legarea neutrului printr'o reactanță mărește timpul necesar pentru atingerea valorii maxime [5].

De altfel, determinarea exactă a tensiunii reziduale nu are o importanță atât de mare pentru descărcătorii tubulari ca pentru întrerupători. Dificultățile mai mari sunt la determinarea curbei de restabilire a rigidității dielectrice a descărcătorului, acest factor depinzând de o serie de parametri greu de încadrat

în relații matematice, ca materialul și tipul de construcție a tubului, distanța între electrozi, diametrul interior al tubului, presiunea gazelor și valoarea curentului de scurtcircuit.

In ceeace privește diametrul interior, acesta se mărește după un anumit număr de funcționări al descărcătorului. Mărirea diametrului interior depinde de locul de montare al descărcătorului. Descărcătorii montați pe liniile cu conductori de protecție, funcționând mai rar, vor suferi modificarea diametrului interior într'o măsură mult mai mică ; în schimb, la descărcătorii montați pe liniile la intrări în stații, pe suporți de lemn, fără conductori de protecție, datorită deselor funcționări la care sunt supuși, se constată după un timp relativ scurt o creștere apreciabilă a diametrului interior (circa 7%), ceeace modifică mult curba de restabilire a rigidității dielectrice a tubului.

De aci rezultă, că pentru alegerea unui descărcător tubular nu este suficient a se cunoaște valoarea exactă a curentului de scurtcircuit în punctul respectiv, dar și toate caracteristicile acestuia (valoarea tensiunii reziduale, a curbei de restabilire a rigidității dielectrice, etc.), mai ales în cazul unei rețele unde se impune montarea unor relee selective și cu timp de acționare redus.

Pentru a se putea ști dacă arcul va fi sau nu stins, se suprapune curba de restabilire a rigidității dielectrice, pe toată perioada de timp de funcționare, peste curba tensiunii reziduale. Până acum nu s'a reușit însă să se determine, cu suficientă precizie, curbele menționate mai sus pentru descărcătorii de fabricație industrială, astfel încât alegerea lor se face după criterii incomplecte.

Paralel cu modalitățile de echipare a descărcătorilor tubulari pe rețele electrice, interesează alegerea schemelor de montare a acestora.

Descărcătorul tubular trebue astfel ales încât limita superioară a curentului ce poate fi întrerupt să fie mai mare decât valoarea curentului de scurtcircuit maxim ce poate lua naștere în punctul de montare al descărcătorului, iar limita inferioară să fie sub valoarea minimă a curentului de scurtcircuit.

Pentru determinarea curenților limită se iau în considerare reactanțele subtranzitorii, deoarece descărcătorul se referă la valoarea instantanee a curentului de scurtcircuit. Natural, este necesar să se ia în considerare componenta aperiodică a curentului de scurtcircuit. In ceeace privește influența componentei periodice, practic ea duce la creșteri ale curentului de scurtcircuit în prima semiperioadă de max. 70%, dar de obicei mai puțin. Indicațiunile călăuzitoare sovietice recomandă, în cazul când nu se efectuează un calcul exact, să se adopte coeficientul 1,5 pentru punctele apropiate de generator și 1,3 pentrn punctele îndepărtate [19].

Creșterea valorii minime a curentului este necesară pentru determinarea diametrului interior al descărcătorului. La calculul curentului minim se va ține seama numai de componenta periodică a curentului de scurtcircuit, luând în considerare și rezistența de punere la pământ care uneori poate influența destul de mult curentul de scurtcircuit.

La determinarea curenților de scurtcircuit se va lua în considerare regimul de funcționare maxim de vară (pentru limita superioară a curentului) și de regimul minim de vară (pentru limita inferioară a curentului). La sistemul cu neutrul izolat descărcătorul se determină pentru scurtcircuite între faze.

Ținând seama de faptul că în timpul funcționării descărcătorului diametrul interior al acestuia se mărește și tot intervalul de curenți ce pot fi tăiați se modifică în sensul măririi lor, este rațional să se aleagă descărcătorii astfel încât să fim asigurați de funcționarea lor la valoarea minimă a curenților.

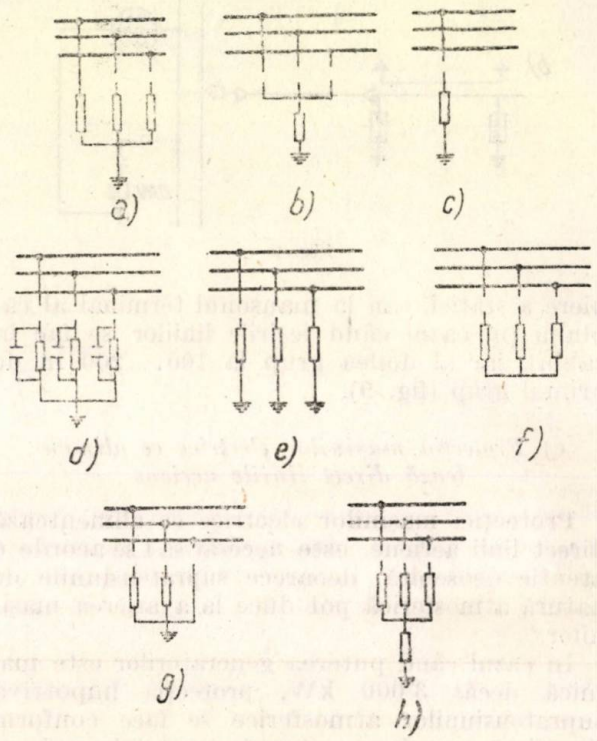


Fig. 11

Schema de montare a descărcătorului tubular la o rețea depinde în primul rând de caracteristicile rețelei electrice (dacă este cu neutrul legat direct de pământ sau izolat). Deasemenea, faptul că se poate asigura o rezistență de punere la pământ în limitele admisibile, dacă curentul de scurtcircuit monofazat este prea mic, etc., reprezintă o serie de alți factori ce determină alegerea unei scheme.

S'au propus o serie de scheme în ceeace privește montarea descărcătorilor tubulari [20], date în fig. 11 și anume :

Schema a — Descărcătorii tubulari sunt montați pe fiecare fază și au o punere la pământ comună. Această schemă, folosită cel mai mult, se recomandă în deosebi la intrarea liniilor în stații.

Schema b — Pentru toate 3 faze se folosește un singur descărcător care se montează prin

intermediul a 3 intervale exterioare. Valoarea intervalului exterior și a rezistenței de punere la pământ trebue astfel aleasă, ca să se evite posibilitatea conturnărilor inverse după străpungerea unui interval exterior prin punere la pământ la o altă fază neavariată. Această schemă, propusă de Dolghinov și E. Grois se folosește numai în cazul liniilor de 110 kV pe suporți din lemn, când se cere montarea descărcătorilor pe fiecare suport. Cum acest sistem de protecție a liniilor nu se recomandă, schema *b* de montare a descărcătorilor tubulari este puțin folosită.

Schema c — Descărcătorul tubular se montează numai la o singură fază și anume aceea corespunzătoare conductorului situat deasupra celorlalți doi conductori ai liniei; se presupune că acest conductor preia majoritatea loviturilor de trăsnet. Izolația dintre conductori, ca și rezistența de punere la pământ a descărcătorului, se alege astfel încât să se evite conturnările inverse.

Schema d — Descărcătorii sunt shuntați printr'o capacitate suplimentară. Capacitățile montate scad valoarea tensiunii de amorsare. Schema aceasta se recomandă în cazul liniilor cu izolație redusă având tensiunea până la 35 kV, inclusiv, și anume la intrarea în stație. Drept capacități se folosesc izolatorii suporți (uneori și izolatorii lanț). Legând în paralel cu un descărcător tubular de 35 kV un izolator-suport, tensiunea de amorsare scade, în cazul unui interval exterior de 6—8 cm, cu 20—25%. De altfel pentru unde cu o pantă mare influența capacității scade.

Schema e — Descărcătorii sunt montați pe fiecare fază având punere la pământ separată. Schema aceasta folosită mai rar se recomandă pentru cazul când curentul de scurtcircuit depășește limita superioară a curentului tăiat de descărcător. In acest caz, în circuit intervine și rezistența de punere la pământ.

Schema f — Descărcătorii sunt montați pe toate fazele fără să fie legați de pământ. Această schemă are o utilizare cu totul redusă, folosindu-se uneori pe suporții de lemn de rotire a fazelor, când izolația între faze este redusă, sau în cazul montării descărcătorilor tubulari la suporții din lemn în regiuni cu o rezistență a solului deosebit de mare.

Schema g — Descărcătorii sunt montați numai pe două faze; pe faza a treia se montează numai un eclator. Schema aceasta se poate folosi la rețelele cu neutrul izolat. Pe toate rețelele legate galvanic, o aceeași fază trebue prevăzută cu un eclator.

Schema h — Pe fiecare fază se montează un descărcător iar pe conductorul de punere comună la pământ se montează un al patrulea descărcător. Schema se folosește în cazul când valoarea curentului de scurtcircuit monofazat la pământ este atât de mică față de cel trifazat, încât un singur descărcător nu poate cuprinde toată gama de curenți de scurtcircuit din acel punct.

Pentru diferite scheme de montaj este necesar să fie luați în considerare curenții de scurtcircuit care trec prin descărcător.

In schemele *a* și *d* (fig. 11) cu descărcătorii tubulari montați pe fiecare fază și cu o punere la pământ comună, se vor considera curenții de scurtcircuit monofazați, bifazați și trifazați. Aceleași afirmații sunt juste și în cazul schemelor *g* și *e*.

In cazul schemei *b* cu un singur descărcător pe toate trei faze și al schemei *c*, cu un singur descărcător montat la o fază, se calculează numai scurtcircuite monofazate.

In schema *f*, pentru care descărcătorii tubulari sunt legați la pământ, se iau în considerare scurtcircuite bifazate și trifazate.

In cazul schemei *h* descărcătorii tubulari, montați pe fiecare fază, se aleg în funcție de scurtcircuitele bi- și trifazate iar descărcătorul montat în derivație, pentru scurtcircuite monofazate.

In toate cazurile (excepție făcând schema *e*) scurtcircuitele bifazate și trifazate se consideră neluând în considerare nici o rezistență din circuitul descărcătorului, iar la determinarea scurtcircuitelor monofazate se ia în calcul rezistența de punere la pământ.

Pentru schema *e*, rezistența de punere la pământ se consideră și în cazul scurtcircuitelor bi- sau trifazate.

In practică, montarea descărcătorilor tubulari se face în mod obișnuit după schema *a*. In cazuri speciale, dela caz la caz, se folosesc celelalte scheme.

In exploatarea rețelelor electrice se constată că pot funcționa pe aceeași fază simultan doi sau mai mulți descărcători tubulari. Dacă s'ar ține seama de acest fenomen în calculele pentru alegerea descărcătorilor tubulari ar exista prea multe criterii și determinarea tipului celui mai recomandabil s'ar face foarte greu. Deoarece însă două arcuri electrice în paralel nu sunt stabile, se poate considera că în prima semiperioadă arcul se stinge în primul descărcător, iar apoi curentul total de scurtcircuit este tăiat de descărcătorul următor, fapt ce se poate constata și în practică.

5. PRINCIPIILE DE PROIECTARE A DESCĂRCĂTORILOR TUBULARI

Pentru a putea preciza principiile de proiectare a descărcătorilor tubulari este necesară o detailare a caracteristicilor de construcție și funcționare a acestora.

Unul dintre elementele de bază a uni descărcător tubular este caracteristica sa volt-secundă. Deoarece este necesar ca tensiunea de amorsare să depindă cât mai puțin de timpul respectiv, caracteristica volt-secundă trebue să fie cât mai aplatizată. De menționat însă, ca în cazul protecției stațiilor de transformare cu ajutorul descărcătorilor tubulari, o caracteristică volt-secundă aplatizată prezintă desavantajul în sensul că tăierea tensiunii de către descărcătorul tubular dă naștere în primele înfășurări ale

transformatorilor la un gradient de tensiune relativ mare. Această dificultate poate fi înlăturată printr'o dimensionare corespunzătoare a izolației înfășurărilor.

De menționat că, caracteristica volt-secundă a unui descărcător tubular este mai plată decât caracteristica corespunzătoare a izolației exterioare, astfel încât coordonarea între aceste două caracteristici este asigurată cu suficientă rezervă și pentru timpi de descărcare mici. De obicei pentru tensiuni de impuls minime, tensiunea de descărcare a descărcătorului tubular se ia cu 15...20% mai mică decât tensiunea de amorsare a izolației de protejat.

Una dintre măsurile cele mai eficace pentru îmbunătățirea caracteristicilor volt-secundă a descărcătorilor tubulari constă în micșorarea intervalului interior.

Alegerea intervalului exterior al descărcătorului tubular prezintă o importanță deosebită, acest element influențând în mod defavorabil asupra caracteristicii volt-secundă, ceeace de altfel determină limita superioară a acestui interval. Deoarece intervalul interior este determinat în primul rând de condițiile de stingere ale arcului electric, reglarea caracteristicii tensiunii de descărcare se face prin reglarea intervalului exterior.

O micșorare a intervalului exterior nu este de dorit nu numai din cauză că suprafața exterioară a descărcătorului tubular este supusă uzurii, dar și din cauză că în sistemele cu neutrul legat la pământ prin bobine de stingere, în cazul unor intervale exterioare mici, la punerea la pământ a unei faze pot lua naștere prin descărcător scurtcircuite bifazate.

Pentru simplificarea calculelor, caracteristica volt-secundă a descărcătorului tubular, în cazul unei unde de șoc standardizate, poate fi exprimată (după propunerea ing. Cudinov E. L.) din relația empirică [20]:

$$U = U_0 \sqrt{1 + \frac{T}{I\alpha}}$$

unde U este tensiunea de amorsare în kV; U_0, T, α sunt parametrii ce depind de tipul descărcătorului, U_0 putând fi considerat ca tensiunea de amorsare pentrn un timp infinit. Valoarea acestor coeficienți pentru câteva tipuri de descărcători (după datele laboratorului de înaltă tensiune Smurov din Leningrad) este dată în tabela Nr. 4.

Pentru proectarea propriu zisă a descărcătorului tubular interesează: distanța dintre electrozi, diametrul interior al tubulni, diametrul exterior și lungimea totală a tubului.

Valoarea intervalului interior (distanța dintre electrozi) este determinată în primul rând de tensiunea de amorsare, de alegerea unei anumite caracteristici volt-secundă, de tensiunea liniei precum și de o serie de elemente dificil de determinat (caracteristicile materialului din care se confecționează tubul, dimensiunile diametrului interior, etc.). Pentru îmbunătățirea caracteristicii volt-secundă se folosesc ecrane legate la electrodul ce se pune la pământ, apropiindu-se astfel cei doi electrozi. La unii descărcători se fixează în spațiul dintre cei doi electrozi un inel metalic, ceeace mărește neuniformitatea câmpului. Este de menționat că problema influenței ecranelor asupra fenomenului de stingere al arcului electric este puțin studiată.

Diametrul exterior și grosimea tubului se determină în funcție de presiunea maximă care ia naștere la degajarea gazelor; presiunea gazelor produse depinde de intensitatea curentului, de diametrul interior al tubului, de lungimea acestuia, dacă există sau nu camera specială de suflaj, de dimensiunile orificiului de evacuare a gazelor. Date practice în această direcție sunt foarte puține.

Lungimea tubului se alege astfel încât să se evite conturnarea descărcătorului.

Caracteristicile mecanice ale tubului, cantitatea de gaze ce se evacuează, uzura tubului și mărirea diametrului interior depind de materialul din care se confecționează descărcătorul ca și de tehnologia fabricației acestuia. Materialul izolant din care este format tubul descărcătorului se fabrică, în mod obișnuit, din hârtie îmbibată cu $ZnCl_2$; la spargere fibra prezintă un aspect compact. Tuburile din fibră sunt acoperite cu hârtie bachelizată. La verificare ele sunt supuse la o presiune de 450 kg/cm² și la o tensiune de 2 kV_{ef} pe 1 cm de lungime, pe timp de 5 minute.

Descărcătorii tubulari se mai confecționează și din plexiglas. Plexiglas-ul degajă o mare cantitate de gaze, nu necesită ca suprafața exterioară să fie acoperită cu lac și are o rezistență mecanică destul de mare. Defectele în descărcătorii tubulari din plexiglas sunt însă mult mai numeroase ca la cele din fibră.

Deoarece descărcătorii tubulari au o caracteristică de funcționare suficient de bine precizată (în primul rând interesează caracteristica volt-secundă) și două limite a curenților ce pot fi

Tabela 4

Valoarea coeficienților U_1, T, α

Tipul descărcătorului	Intervalul interior mm	Valoarea coeficienților					
		Impuls de polaritate pozitivă			Impuls de polaritate negativă		
		U_0	T	α	U_0	T	α
DT 110/1,2—7	250	334	2,24	1,6	350	2,24	1,6
	300	856	2,24	1,6	390	2,24	1,6
	350	380	2,24	1,6	418	2,24	1,6
	400	400	2,24	1,6	442	2,24	1,6
DT 110/0,8—5	250	350	2,0	1,3	380	2,0	1,8
	350	405	2,0	1,3	435	2,0	1,8
DT 35/1,8—10	100	160	1,4	2,0	166	1,4	2,0
	50	136	1,4	2,0	136	1,4	2,0
DT 35/0,8—5	100	180	1,4	2,0	180	1,4	2,0
	50	150	1,4	2,0	150	1,4	2,0
DT 35/1,5-1,5	100	152	1,8	1,4	175	1,2	2,0
	50	138	1,2	2,0	138	1,3	2,0
DT 6/0,3—7	8	60	1,2	2,0	60	1,2	2,0

tăiați, nu se poate admite utilizarea unui descărcător a cărui caracteristici nu sunt cunoscute sau în cazul când nu s'au determinat valorile curenților de scurtcircuit ce apar în punctul de montare a descărcătorilor. Folosirea acestor descărcători poate să devină una din cauzele de avariere a instalațiilor electrice ce urmează a fi protejate. In cazul fabricării pentru prima dată a anumitor tipuri de descărcători, determinarea caracteristicilor de funcționare nu se poate face decât în laborator, fiind necesară, în acest scop, o instalație corespunzătoare. Deoarece se pune problema să se determine în primul rând limita maximă și minimă a curenților ce pot fi tăiați de descărcător, este necesară o instalație analoagă aceleia cu care se verifică puterea de rupere a întrerupătorilor.

In consecință, fără cunoașterea caracteristicilor de funcționare a descărcătorilor tubulari, precum și a valorilor curenților de scurtcircuit, în punctul de montare a descărcătorilor, folosirea lor nu este rațională, neasigurându-se în acest caz condițiile unei bune protecții.

Bibliografie

1. *P. A. Iuricov* : Gradul de protecție împotriva supratensiunilor atmosferice a liniilor de 110 kV. Electr. Stanții Nr. 9 — 1950.
2. *J. Saint-Germain* : Le role de parafoudres dans la coordination de l'isolement. Bulletin de la Soc. Franc. des Electr. Sept. 1949, pag. 482.
3. *A. Avramescu* : Protecția contra supratensiunilor atmosferice. Electricitatea Nr. 1, 1952.
4. *A. Popa* : Descărcătorii tubulari. Electrotehnica Nr. 1—2, 1953.
5. *L. Sirotinschi* : Tehnica tensiunilor înalte, Vol. III, Moscova 1946.
6. *A. I. Mihailov* : Calculul și construcția aparatelor electrice de înaltă tensiune, Moscova — 1950.
7. *P. A. Iuricov* : Despre intervale de străpungere exterioare ale descărcătorilor tubulari. El. Stanții Nr. 2, 1953.
8. *V. Brenner* : Les parafoudres a expulsion utilisés pour la protection economique des postes de transformation ruraux et des lignes à moyenne et à haute tension. Bulletin de la Soc. Franc. des Electr., Mars 1949, pag. 125—137.
9. *Charles Ledoux* : Quelques aspects particuliers du problème des parafoudres. Bulletin de la Soc. Franc. des Electr., Nov. 1949, pag. 579—582.
10. *B. Fernier* : Les parafoudres à expulsion. Bulletin de la Soc. Franc. des Electr. Nov. 1949, pag. 583—595.
11. — Löschrohrableiter — Siemenszeitschrift, Mars 1939, pag. 147.
12. *S. Teszner* : Les parafoudres et les eclateurs de coordination des isolaments. Bulletin de la Soc. Franc. des Electr. Nov. 1949, pag. 596—606.
13. *V. V. Burgsdorf* : Protecția liniilor aeriene de transport și practica exploatării lor — Exploatarea liniilor aeriene de transport, Culegere de articole, GEI, Moscova, 1952.
14. *V. V. Burgsdorf* : Cercetări privind protecția împotriva supratensiunilor atmosferice a sistemelor energetice, Electricestvo Nr. 2, 1949.
15. *P. A. Juricov* : Gradul de protecție împotriva supratensiunilor atmosferice a liniilor de transport de 220 și 110 kV. El. Stanții 1949.
16. *V. V. Burgsdorf, Gersengorn* și *Magidson* : Analizarea avariilor datorită supratensiunilor atmosferice și declanșările datorite lor din anul 1946. Electr. Stanții Nr. 5, 1947.
17. *P. V. Bogoslovschi* și *M. M. Necrasov* : Experiența protecției contra supratensiunilor atmosferice. Electr. Stanții Nr. 6 — 1952.
18. — Prescripții pentru protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice, M.E.E.I.E.
19. — Indicațiuni călăuzitoare privind protecția împotriva supratensiunilor atmosferice a liniilor de transport de 3—220 kV. GEI — 1946.
20. *E. Grois* : Modalitatea efectuării protecției contra supratensiunilor atmosferice și exploatarea lor. GEI, Moscova — 1946.
21. *P. A. Rabkin* : Problema protecției liniilor de înaltă tensiune împotriva supratensiunilor atmosferice, cu ajutorul contrafișelor de coordonare a izolației. Electricestvo Nr. 7, 1951.
22. *N. Sipov* : Protecția contra supratensiunilor a liniilor de transport. Electr. Stanții Nr. 7 — 1952.
23. *V. Solodiuc* și *M. Soloviev* : Incercarea descărcătorilor tubulari. Electr. Stanții Nr. 2, 1952.
24. *P. Andriuscenco* : Indicator de funcționare a descărcătorilor tubulari — Rabocii Energetic Nr. 2 — 1952.
25. *Cruglicov* : Dispozitiv pentru revizuirea descărcătorilor tubulari — Rabocii Energetic Nr. 6 — 1951.
26. *V. Cucuasnai* : Din experiența reparării descărcătorilor tubulari — Rabocii Energetic Nr. 6 — 1952.
27. *M. V. Homiacov* : Folosirea emailului PHV — 26 pentru acoperirea izolației de bachelită. Rabocii Energetic Nr. 6 — 1952.
28. *F. A. Lihacev* : Alegerea intervalelor de străpungere exterioare la descărcătorii tubulari din rețelele de 35 și 110 kV. El. Stanții Nr. 1, 1953.
29. *Ing. D. Marc* : Pe marginea articolului „Descărcătorii tubulari" de ing. A. Popa. Electrotehnica Nr. 7, 1953.

★

ПРИМЕНЕНИЕ ТРУБЧАТЫХ РАЗРЯДНИКОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ОТ АТМОСФЕРНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Резюме

В статье изложены основные принципы, на которых основывается применение трубчатых разрядников для защиты электроустановок от атмосферных перенапряжений, описана их конструкция и работа, приведены эксплуатационные результаты, способы монтажа для различных случаев их применения, а также принципы проектирования.

BAZELE TEHNICO-ECONOMICE ALE PROGRAMULUI DE IMBUNĂTĂȚIRE A FACTORULUI DE PUTERE

de prof. dr. ing. GH. PETRESCU

Se examinează în acest al patrulea articol din seria privind aspectele tehnico-economice ale problemei factorului de putere, bazele îmbunătățirii acestuia: limitele, mijloacele speciale, criteriile de alegerea instalației, amplasamentul, etc. Se insistă asupra echivalentului economic al puterii reactive și asupra principiilor de bază ale programului de ansamblu al lucrărilor de îmbunătățire a factorului de putere.

Intr'o serie de trei articole publicate în numerele anterioare ale acestei reviste [2]), s'au arătat care sunt cauzele și efectele scăderii factorului de putere, care sunt măsurile tehnico-organizatorice pentru corectarea factorului de putere natural al receptorilor și care sunt mijloacele speciale de ridicare a factorului de putere al rețelei electrice.

In cadrul prezentului articol, se vor examina principiile care stau la baza programului de îmbunătățire a factorului de putere și anume:

a) Limitele în care este avantajoasă îmbunătățirea factorului de putere în diferitele cazuri uzuale, întâlnite în practica industrială.

b) Care dintre mijloacele de îmbunătățire cunoscute sunt cele mai indicate în fiecare din aceste cazuri, ținându-se seama de posibilitățile noastre de fabricație și de import.

c) Care este amplasamentul cel mai favorabil pentru instalațiile corespunzătoare, în fiecare din aceste cazuri.

d) Care sunt principiile pe care trebue să se bazeze programul de ansamblu al lucrărilor de îmbunătățire a factorului de putere.

ECHIVALENTUL ECONOMIC AL PUTERII REACTIVE

După cum s'a arătat în articolele precedente existența unui factor de putere redus antrenează o serie de efecte dăunătoare pentru exploatările de producere, transport și distribuție a energiei electrice, dintre care cele mai importante sunt pierderile de energie produse în instalații.

Pentru a determina adoptarea de măsuri care să conducă la mărirea factorului de putere, se recurge de multe ori la tarifarea energiei reactive sau la aplicarea de tarife speciale pentru energia reală, care să țină seama de valoarea factorului de putere.

Datorită acestor tarife, costul energiei electrice furnizată este mărit într'o anumită proporție, justificată în principiu de efectele dăunătoare pe care le antrenează pentru întreprinderea de electricitate producerea și transportul puterii reactive.

Pentru a evita această ridicare de preț, consumatorul de energie electrică este determinat să utilizeze instalații de compensare a puterii reactive, pentru a reduce consumul de putere reactivă. Ca o consecință, îmbunătățirea factorului de putere este condiționată de un calcul de rentabilitate între plata energiei cu un tarif mai ridicat și mărirea cheltuelilor de exploatare rezultând din introducerea instalațiilor de compensare.

In țara noastră, tarifele aplicate în trecut asupra energiei reactive fiind relativ reduse, nu au condus la introducerea de măsuri de îmbunătățire a factorului de putere decât în cazuri foarte rare.

In U.R.S.S., pentru a se stimula îmbunătățirea factorului de putere, s'a aplicat următorul sistem de tarifare:

— Dacă factorul de putere este mai mare decât 0,75, abonatul beneficiază de o reducere corespunzătoare (de ex.: 18% din costul energiei electrice pentru cos $\varphi = 0{,}9$).

— Dacă factorul de putere este mai mic decât 0,75, abonatul plătește o majorare (spre exemplu: 75% din costul energiei electrice pentru cos $\varphi = 0{,}5$; 150% din costul energiei electrice pentru cos $\varphi = 0{,}45$).

Tarifele bazate pe energia reactivă sunt însă identice pentru toate instalațiile care funcționează sub aceeași tensiune, fără a ține seama de efectele dăunătoare ale puterii reactive, care există în realitate și care pot fi diferite dela un caz la altul, după cum alimentarea este făcută direct dela centrală sau trecând prin mai mulți transformatori intermediari și prin mai multe linii de transmisie. Deasemeni, efectele dăunătoare produse de puterea reactivă furnizată unui consumator depind și de valoarea puterii reactive absorbită de ceilalți consumatori, adică de valoarea factorului de putere existent al rețelei, în punctul considerat. Deaceea, criteriul tarifar poate conduce la adoptarea unor măsuri de îmbunătățire în anumite cazuri când efectele dăunătoare nu ar justifica aceste măsuri și dimpotrivă, să mențină situația neschimbată în anumite cazuri când această situație creează totuși prejudicii serioase.

---

[1]) Cauzele și efectele scăderii factorului de putere în rețelele electrice, Revista „Energetica" Nr. 3/1953.

[2]) Măsurile tehnico-organizatorice pentru îmbunătățirea factorului de putere natural al recptorilor din rețelele electrice, Revista „Energetica" Nr. 5/1953.

[2]) Mijloace speciale de îmbunătățire a factorului de putere în rețelele electrice. Revista „Energetica" Nr. 7/1953.

Pe de altă parte, cea mai mare parte din consumatori nu au competența și nici nu dispun de elementele necesare pentru a alege măsurile cele mai indicate din punct de vedere tehnic și economic pentru îmbunătățirea factorului de putere.

Deasemeni, pentru un același procedeu de compensare a puterii reactive și pentru o aceeași proporție de îmbunătățire relativă a factorului de putere, eficacitatea mijloacelor de îmbunătățire poate să fie complet diferită, depinzând de schema de alimentare și chiar de caracteristicele instalațiilor de furnizare a energiei electrice, în fiecare caz în parte.

Ar părea deci că este mai rațional ca adoptarea măsurilor de îmbunătățire a factorului de putere să fie condiționată de un calcul de rentabilitate bazat în mod real pe evaluarea efectelor dăunătoare cauzate de puterea reactivă.

Stabilirea unor evidențe precise a tuturor factorilor care pot interveni într'un asemenea calcul de rentabilitate constitue însă o problemă foarte complicată și foarte dificilă.

Deaceea, în practica industrială din U.R.S.S., se preferă a nu se face uz de calcule detailate, ci a se folosi procedee mai simple, având la bază așa numitul echivalent economic al puterii reactive.

Echivalentul economic al puterii reactive într'un punct al rețelei de alimentare reprezintă puterea activă consumată pentru a se putea realiza producerea și transportul puterii reactive din centrală până la acel punct.

Pentru un sistem de compensare a puterii reactive, echivalentul economic reprezintă diferența de pierderi în generatori și în rețeaua de alimentare dela generator până la receptorul considerat, între situația care corespundea înainte și după adoptarea acelui sistem de compensare.

Dacă se notează cu I_{r1} și I_{r2} curenții absorbiți înainte și după compensare și cu R rezistența rețelei dela generator până la receptor, se poate scrie :

$$p = 3R\,(I_{r_1}^2 - I_{r_2}^2)$$

sau

$$p = \frac{\sqrt{3}R}{U}\,(I_{r1} + I_{r2})\,(I_{r1} - I_{r2})\,\sqrt{3}U$$

dar $\sqrt{3}UI_{r1} - \sqrt{3}UI_{r2} = Q$ reprezintă puterea reactivă furnizată de dispozitivul de compensare.

In cazul când $Q = 1$ kvar, I_{r1} și I_{r2} au valori apropiate și se poate scrie :

$$I_{rs} + I_{r2} = 2I \sin \varphi$$

în care I reprezintă curentul în rețea și φ unghiul de decalaj față de tensiune, înainte de aplicarea dispozitivului de compensare.

In consecință, notând cu $\frac{\sqrt{3}RI}{U} = \Delta\, U_R\ \%$, valoarea procentuală a căderii de tensiune în rezistența circuitului dela generator la punctul considerat, se poate scrie :

$$K = p/1 \text{ kvar} = \frac{\sqrt{3}R2I}{U} \sin \varphi =$$

$$= 2\,\Delta\, U_R\% \sin \varphi \text{ în kW/kvar}$$

Rezultă deci că echivalentul economic K al puterii reactive este proporțional cu valoarea căderii de tensiune în sistemul de transmisie până în punctul considerat și cu factorul sin φ caracterizând decalajul curentului din rețea.

Din această relație rezultă două concluzii de o importanță deosebită :

a) Pe de o parte, valoarea echivalentului economic al puterii reactive este cu atât mai mare cu cât transmiterea puterii comportă o cădere de tensiune ohmică mai mare, adică cuprinde un număr mai mare de transformări intermediare și de linii de transmisie.

b) Pentru aceeași valoare a căderii de tensiune procentuale, valoarea echivalentului economic crește cu factorul sin φ și în consecință cu unghiul de decalaj φ.

Prin urmare, compensarea puterii reactive este cu atât mai avantajoasă cu cât valoarea factorului de putere este mai redusă. Dacă în cazul unei instalații importante funcționând cu un anumit factor de putere, se aplică un dispozitiv de compensare a puterii reactive, eficacitatea cea mai mare, adică valoarea cea mai ridicată a echivalentului economic o are primul kvar de compensație. Pe măsură ce puterea compensatorului crește, factorul de putere îmbunătățindu-se, eficacitatea instalației de compensare scade.

Dacă în relația de mai sus se multiplică și numără torul și numitorul cu $\sqrt{3}\ I \cos \varphi$, se obține :

$$K = \frac{3RI^2\, 2 \sin \varphi \cos \varphi}{\sqrt{3}\,UI \cos \varphi} = \frac{\Delta P}{P} \sin 2\ \varphi =$$

$$= \Delta\ P\ \% \sin 2\ \varphi \qquad \text{în kW/kvar}$$

In consecință, se constată că echivalentul economic al puterii reactive este proporțional cu pierderea de putere procentuală în rezistența circuitului de alimentare și cu factorul sin 2 φ. Acest lucru este explicabil, deoarece pierderile produse de puterea reactivă absorbită de un consumator nu depinde numai de aceste puteri, și de puterea reactivă transportată prin aceeași conductori la ceilalți consumatori.

Intr'adevăr, atât timp cât există numai o putere reactivă inițială Q_1, valoarea pierderilor $p_1 = K.\ Q_1^2$.

In momentul când se suprapune o nouă putere reactivă Q_2, valoarea puterii devenind

$$Q = Q_1 + Q_2$$

valoarea pierderilor este

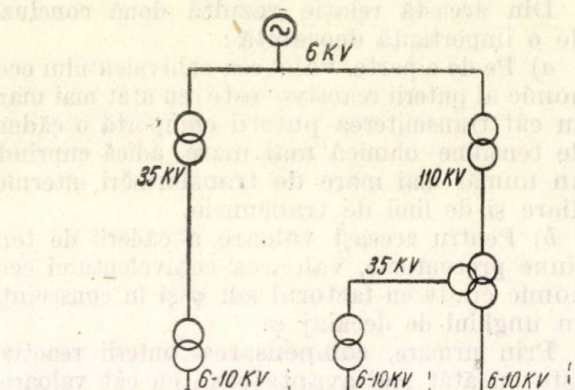
$$p' = K\,Q^2 = K\,(Q_1 + Q_2)^2 =$$

$$= K\,(Q_1^2 + Q_2^2 + 2Q_1\,Q_2)$$

Rezultă deci că pierderile datorite suprapunerii puterii reactive Q_2 peste puterea inițială Q_1 vor fi

$$p'' = p' - p = K\ (Q_2^2 + 2\ Q_1\ Q_2)$$

Valorile medii ale echivalentului economic K al puterii reactive, stabilite de Ministerul Centralelor Electrice din U.R.S.S. pentru diferitele scheme de alimentare, în funcție de planul de transformare și de valorile tensiunilor de transport, conform fig. 1, sunt indicate în tabela



Cos φ			
0,75	0,08	0,13	0,085
0,8	0,07	0,12	0,076
0,9	0,06	0,09	0,062

Fig. 1. Echivalentul economic K al puterii reactive în funcție de schema de alimentare și de valoarea factorului de putere.

din această figură, în funcție de valoarea factorului de putere.

Pentru cazul alimentării directe la tensiunea produsă de centrală, conform figurii 2, valoarea echivalentului economic al puterii reactive este foarte redusă, și anume 0,02.

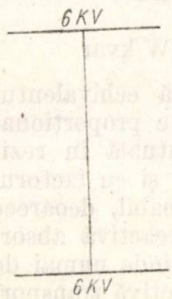


Fig. 2. Schema de alimentare directă al tensiunea produsă de centrală.

Studiu comparativ între diferitele mijloace speciale de îmbunătățire a factorului de putere

In articolele precedente s'a arătat că mijloacele de îmbunătățire a factorului de putere sunt următoarele :

a) mașinile sincrone supraexcitate ;

b) condensatorii statici ;

c) sincronizarea motoarelor asincrone ;

d) montajul în cascadă al motoarelor asincrone cu mașini cu colector sau utilizarea de motoare asincrone compensate.

Determinarea domeniului de utilizare a fiecărui din aceste milioace de compensare prezintă dificultăți, deoarece depinde de o serie de factori economici, a căror valoare este greu de stabilit.

Printre acești factori, trebue considerată în primul rând valoarea investițiilor necesitate de fiecare din instalațiile de îmbunătățire a factorului de putere expuse mai sus precum și costul energiei electrice consumată sub formă de pierderi.

Deoarece nu se poate dispune de date precise asupra acestor elemente și în special asupra valorii investițiilor corespunzătoare fiecăruia din aceste mijloace de compensare, se va face numai o delimitare principială asupra domeniului de utilizare a ficăruia din aceste mijloace, numai pe baza caracteristicelor lor funcționale.

In acest sens, trebue observat că aceste mijloace de îmbunătățire pot fi împărțite în două categorii principale :

a) Instalații speciale de producerea puterii reactive pentru îmbunătățirea factorului de putere general al rețelei, în care trebue încadrați condensatorii statici și compensatorii sincroni.

b) Instalațiile speciale pentru ridicarea factorului de putere propriu al motoarelor asincrone, în care trebue încadrate sincronizarea motoarelor asincrone și montajul în cascadă al motoarelor asincrone cu mașini cu colector.

Această diferență principială antrenează o deosebire fundamentală între aceste două categorii de mijloace de îmbunătățire a factorului de putere : pe când utilizarea condensatorilor statici și a compensatorilor sincroni necesită instalații efective de producerea puterii reactive pentru întreaga putere reactivă compensată, sincronizarea motoarelor asincrone sau montajul lor în cascadă cu mașini cu colector nu necesită decât completarea instalațiilor motoarelor existente cu o excitatrice având o putere foarte redusă (circa 3 . . . 4% din puterea reactivă necesară), care să dea posibilitatea însăși mașinilor existente să-și furnizeze puterea reactivă necesară.

Din această cauză, pentru compensarea factorului de putere la motoarele asincrone în limita disponibilității lor de putere, soluția sincronizării sau a montajului în cascadă conduce la investiții mai reduse și la pierderi mai mici, astfel încât prezintă avanataje economice mai mari decât soluția condensatorilor statici sau a compensatorilor sincroni .

Aceste concluzii sunt confirmate dealtfel și de curbele prezentate în lucrarea „Condensatorii statici și compensatorii rotativi" de ing. Bornitz, care sunt reproduse în figura 3 și în figura 4.

Figura 3 reprezintă valoarea investițiilor și valoarea pierderilor în cazul montajelor în cascadă în comparație cu soluția condensatorilor statici în funcție de puterea consumată.

Din examinarea acestor curbe rezultă că, începând dela 200 kW pentru tensiunea de 380 și 500 V și chiar dela 100 kW pentru tensiunea de 220 V, montajele în cascadă conduc la investiții mai reduse și la cheltueli totale de exploatare mai mici decât în cazul condensatorilor statici.

Sub aceste valori, soluția montajului în cascadă, necesitând în plus o mașină cu colector specială, nu este avantajoasă.

In cazul special al țării noastre, unde fabricarea mașinilor electrice este destul de avansată astfel încât s'a putut trece și la fabricația de mașini compensatoare cu colector, dar unde

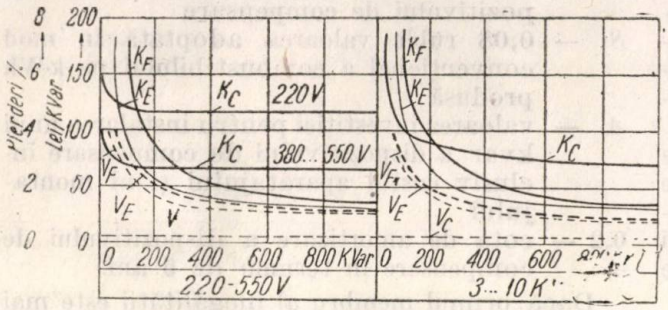


Fig. 3. Valoarea investițiilor și a pierderilor în cazul condensatorilor și în cazul montajelor în cascadă.

Curba Ç 220 V reprezintă investițiile în condensatori la 220 V.
Curba Ç 280. . . 500 V reprezintă investițiile în condensatori la 380. . . 500 V.
Curba M_c reprezintă investițiile în montajul în cascadă cu compensator cu colector.
Curba M_f reprezintă investiții în montaje în cascadă cu convertizor de frecvență.
Curba p_c reprezintă pierderi în condensatori.
p reprezintă pierderi în montaje în cascadă cu compensator cu colector.
p_f reprezintă pierderi în montaje în cascadă cu convertizor de frecvență.

încă nu s'a început fabricarea de condensatori statici, aceste limite pot fi considerate chiar mai jos.

In ceeace privește soluția sincronizării motoarelor asincrone, ea conduce la investiții mai

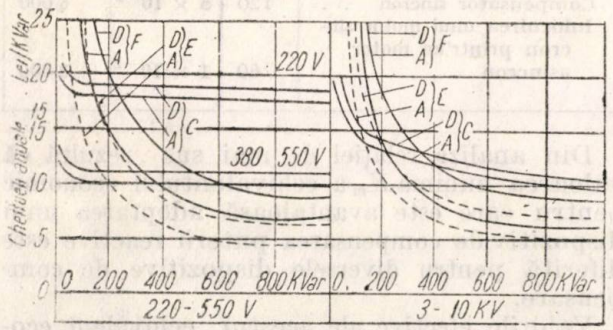


Fig. 4. Valoarea cheltuelilor totale de exploatare anuale în cazul condensatorilor și în cazul montajelor în cascadă.

A — pentru un număr 0 ore de utilizare anuală
B — pentru un număr de 300 ore de utilizare anuală
C — condensatori
M — Montajul în cascadă cu compensatori cu colector
M_f — Montaje în cascadă cu convertizor de frecvență.

mici decât montajul în cascadă, deoarece excitatricea se reduce în acest caz la o instalație de redresori statici.

După cum s'a arătat însă în articolele precedente, această soluție nu poate fi întrebuințată din punct de vedere practic decât în cazurile în care cuplul rezistent mediu nu depășește 0,75% din valoarea cuplului nominal al motorului, astfel încât această soluție este mai puțin avantajoasă și mai puțin utilizată în exploatare decât soluția montajului în cascadă, care menține neschimbată caracteristicile de funcționare ale motoarelor asincrone.

In ceea ce privește comparația între condensatorii statici și compensatorii sincroni se pot face următoarele constatări: costul condensatorilor statici este în general mai redus decât al mașinilor sincrone; costul lor crește însă mult la tensiunile joase.

In schimb, costul compensatorilor sincroni este aproape independent de tensiune dar scade cu puterea.

Pentru puteri mici și mijlocii, valoarea investițiilor este mai mare în cazul compensatorilor sincroni decât în cazul condensatorilor statici. Pe de altă parte însă, costul specific pe kvar al compensatorilor sincroni scade pe măsură ce crește puterea unitară, pe când costul specific al condensatorilor rămâne constant, independent de putere, astfel încât la puteri care depășesc câteva mii de kvar și chiar pentru puteri mai mici, la tensiuni joase, costul compensatorilor sincroni poate fi mai avantajos decât al codensatorilor.

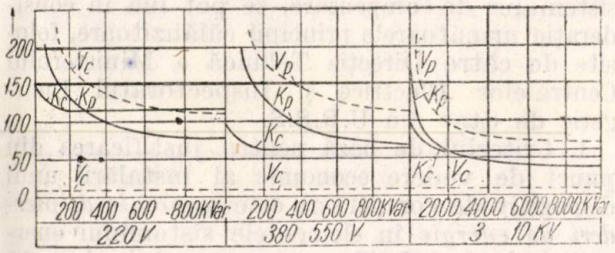


Fig. 5. Valoarea investițiilor și a pierderilor în condensatori și compensatori sincroni, în funcție de puterea compensată.

C. Investiții în condensatori
S. Investiții în compensatori sincroni
p_c Pierderi în condensatori
p_S Pierderi în compensatori sincroni.

In ceeace privește cheltuelile de exploatare, condensatorii statici prezintă avantajul de a avea pierderi de energie foarte reduse, 0,4 . . . 0,5% în timp ce la compensatorii sincroni valoarea pierderilor este de 4% . . . 6%.

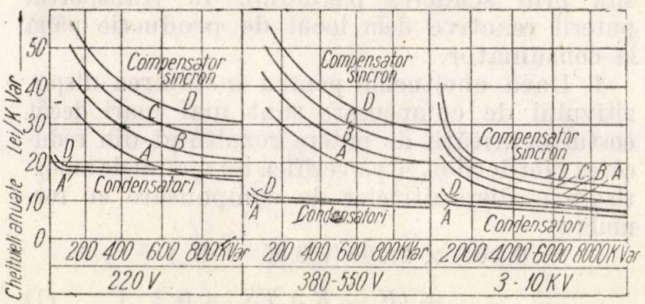


Fig. 6. Cheltueli totale de exploatarea nuale, în cazul condensatorilor și în cazul compensatorilor sincroni, în funcție de putere compensată. Numărul orelor de utilizare anuală.

Curba A 0 ore
Curba B 1.000 ore
Curba Ç 2.000 ore
Curba D 3.000 ore

Din această cauză, utilizarea compensatorilor sincroni — după cum arată și Poliacov în lucrarea citată — nu este în general avantajoasă, decât pentru puteri care depășesc 15.000 kvar.

Aceste concluzii sunt confirmate şi prin curbele prezentate în lucrarea menţionată mai sus a lui E. Bornitz, şi care sunt reproduse în figura 5 şi figura 6.

Din examinarea acestor curbe rezultă că, cu excepţia tensiunii de 220 V, la care costul condensatorilor statici este foarte ridicat şi cu excepţia puterilor foarte mari, compensatorii sincroni conduc la investiţii mai mari decât condensatorii statici.

Utilizarea maşinilor sincrone supraexcitate pentru compensarea factorului de putere poate să fie însă mai avantajoasă decât soluţia condensatorilor statici, atunci când aceste maşini funcţionează ca motoare producând şi putere mecanică.

Criterii pentru alegerea instalaţiilor de îmbunătăţire a factorului de putere

In ceeace priveşte criteriul de apreciere a utilităţii adoptării de mijloace de îmbunătăţire a factorului de putere precum şi de alegerea sistemului de compensare, se pot lua în consideraţie următoarele principii călăuzitoare, folosite de către Direcţia Tehnică a Ministerului Centralelor Electrice şi Inspectoratul Energetic de Stat din U.R.S.S.

1. Criteriul de bază pentru justificarea din punct de vedere economic al instalării unui dispozitiv de compensare este *economia de pierderi de energie* în elementele sistemului energetic şi în instalaţiile consumatorului, obţinută prin micşorarea consumului de putere reactivă.

Valoarea economiei de energie se stabileşte prin diferenţa între echivalentul economic al puterii reactive în punctul considerat al sistemului de alimentare şi între consumurile specifice de energie în dispozitivul de compensare adoptat.

2. Stabilirea rentabilităţii unui dispozitiv de compensare trebue să se facă prin compensaţia cheltuelilor pentru instalarea acestui dispozitiv cu costul cantităţii de putere activă economisită prin scăderea pierderilor în transportul puterii reactive dela locul de producţie până la consumator.

3. Dacă cheltuelile pentru instalarea dispozitivului de compensare sunt mai mari decât costul cantităţii de putere rezultând din reducerea pierderilor, se va verifica termenul de amortizare a dispozitivelor de compensare cu formula :

$$0{,}065 \times 2.500\,(0{,}8\,K - K_c) + \\ + (K - K_c)\,TS \geqslant 0{,}2\,A \qquad (1)$$

în care :

2.500 reprezintă, în ruble, valoarea investiţiilor pentru 1 kW la centrală,

0,065 cota de amortizare a investiţiilor în centrală,

0,8 — un coeficient de simultaneitate, care ţine seama de nesuprapunerea valorii maxime a sarcinii reactive a sistemului energetic cu valoarea sarcinii maxime a consumatorului,

K — echivalentul economic al puterii reactive, în kW/kvar,

K_c — consumul specific de putere activă a dispozitivului de compensare în kW/kvar

T — numărul anual de ore de utilizare a dispozitivului de compensare

S — 0,08 ruble valoarea adoptată în mod convenţional a combustibilului pe kWh produsă

A — valoarea investiţiei pentru instalarea unui kvar a dispozitivului de compensare inclusiv costul aparatajului şi al montajului

0,2 — cota de amortizare a dispozitivului de compensare în termen de 5 ani.

Dacă primul membru al inegalităţii este mai mare şi deci dacă termenul de amortizare este mai mic de 5 ani, instalarea dispozitivului de compensare trebue considerată rentabilă.

Valoarea investiţiilor A, consumul specific de putere Kc a dispozitivelor de compensare şi numărul T al orelor de utilizare anuală sunt indicate în tabela 1.

Tabela 1

Felul dispozitivului de compensare	A ruble	Kc kW/kvar	T ore
Condensatori statici de înaltă tensiune pentru 3 şi 6 kV	100	5×10^{-3}	6.000
Condensatori statici de joasă tensiune pentru 0,38 kV	240	5×10^{-3}	6.000
Compensator sincron . .	120	5×10^{-2}	6.000
Inlocuirea unui motor sincron printr'un motor asincron	60	1×10^{-2}	3.000

Din analiza relaţiei de mai sus rezultă că valoarea minimă K_m a echivalentului economic pentru care este avantajoasă adoptarea unui dispozitiv de compensarea puterii reactive este diferită pentru diversele dispozitive de compensare.

Valorile efective ale acestui echivalent economic minimal al puterii reactive corespunzând diferitelor dispozitive de compensare deduse din relaţia (1) sunt indicate în tabela 2.

Tabela 2

Felul dispozitivului de compensare	K_m în kW/kvar
Condensatori statici cu înaltă tensiune pentru 3 sau 6 kV	circa 0,036
Condensatori statici de joasă tensiune pentru 0,38 kV	„ 0,085
Compensator sincron	„ 0,092
Inlocuirea unui motor asincron printr'un motor sincron	„ 0,043

Pentru a se putea ţine seama şi de pierderile care intervin în transformarea energiei electrice la joasă tensiune şi în distribuţia de joasă tensiune, considerând că aceasta s'ar face în cadrul

întreprinderii consumatoare, s'a adoptat noțiunea de echivalent economic redus, definit prin expresia :

$$K_r = K + \frac{P_c}{Q_c}\left(1 - \frac{\cos^2 \varphi_1}{\cos \varphi^2}\right)$$

în care :

K reprezintă echivalentul economic al puterii reactive în punctul de racord la rețeaua regională de energie

P_c pierderile totale în kW în orele de sarcină reactivă maximă în rețeaua întreprinderii consumatoare, dela punctul de racord până la punctul de montare a instalației de compensare.

$\cos \varphi_1$ factorul de putere în punctul de racord înainte de punerea în funcție a instalației de compensare

$\cos \varphi_2$ factorul de putere în punctul de racord după punerea în funcțiune a instalației de compensare

Q_c puterea instalației de compensare.

După cum rezultă din relația (1), pentru ca instalația de compensare să poată fi amortizată în 5 ani, eficacitatea lui minimă corespunzând

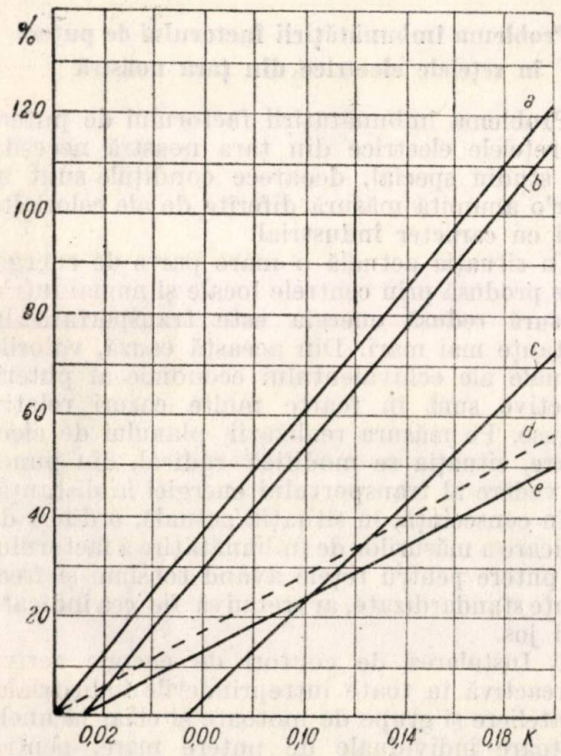


Fig 7.

a-condensatori statici de 3 și 6 kV; *b*-motor sincron producând și putere reală; *c*-compensator sincron; *d*-condensatori statici de 0,38 kV; *e*-condensatori statici de 0,38 kV ținând seama și de putere rămasă disponibilă a transformatorului.

primului membru al relației (1), trebue să fie de 20%.

Modul de variație a eficacității investiției de capital în funcție de valoarea echivalentului economic redus pentru diferite tipuri de dispozitive de compensare este reprezentat prin curbele din fig. 7).

Din examinarea acestor curbe rezultă următoarele concluzii tehnico-economice, care trebue avute în vedere la alegerea instalației de compensare :

1. Cea mai mare eficacitate a investițiilor se obține cu condensatori statici de înaltă tensiune și cu motoare sincrone producând și puterea reală.

2. Eficacitatea investițiilor crește cu echivalentul redus al puterii reactive.

3. Pentru $K_2 = 0{,}1 \ldots 0{,}12$ utilizarea compensatorilor sincroni și a condensatorilor statici de joasă tensiune conduce la valori aproape egale pentru eficacitatea investițiilor.

Reducerea sarcinilor transformatorului întreprinderii consumatoare în cazul instalației condensatorilor statici de joasă tensiune influențează foarte puțin asupra eficacității investițiilor.

Considerațiuni asupra amplasamentului mijloacelor speciale de îmbunătățire a factorului de putere

In principiu, este avantajos de a dispune instalația de compensare a puterii reactive în imediata vecinătate a receptorului care consumă puterea reactivă, pentru a reduce pierderile produse în circulația puterii reactive pe întreg traseul dela generator la receptor.

Din punct de vedere practic însă acest lucru nu este totdeauna avantajos, pentru următoarele motive.

In cazul utilizării condensatorilor statici, costul lor este foarte ridicat la tensiune joasă și în special la 220 V, astfel încât, în unele cazuri, este preferabil ca compensarea prin condensatorii statici să fie făcută în circuitul de înaltă tensiune al stației de transformatori de alimentare, adică la 3 kV sau 6 kV.

Această considerație este în special valabilă în cazul întreprinderilor industriale importante, având stații de transformatori proprii, astfel încât circuitele de joasă tensiune sunt scurte și deci pierderile sunt reduse.

Dimpotrivă, în cazul întreprinderilor mai mici, alimentate din rețele de distribuție generale prin circuite lungi, utilizarea condensatorilor de joasă tensiune, în special la tensiuni de 380 V poate fi justificată.

In cazul utilizării de compensatori asincroni, al căror cost este foarte mult influențat de valoarea tensiunii de funcționare, este preferabil să fie montați în rețeaua de joasă tensiune cât mai aproape de centrul de consumație.

Acesta considerațiuni sunt verificate și prin valorile minime ale echivalentului economic indicate în tabela 2.

Din punct de vedere al puterii instalate, condensatorii statici având un cost specific constant, independent de putere, este preferabil să fie montați la fiecare receptor pentru a reduce cât mai mult pierderile în conductorii de alimentare.

Dimpotrivă, compensatorii sincroni, având un cost specific care scade cu puterea, este mai avantajos a fi montați pe grupe de receptori

mai importante pentru a ajunge la pnteri mai ridicate.

Chiar în cazul condensatorilor, compensarea individuală a receptorilor nu este însă avantajoasă, decât în cazul unor receptori care să aibă un factor de utilizarea foarte ridicat.

In cazul receptorilor obișnuiți, conectarea condensatorilor prin intermediul unui întreruptor comun cu al receptorului aferent nu este în general recomandabil, din cauza numărului redus de ore de utilizare a instalațiilor de condensatori, în regimul de funcționare al receptorilor.

In acest caz, este preferabil de a se face compensarea prin grupe de receptori, astfel încât, datorită factorului de simultaneitate în funcționarea receptorilor, să se ajungă la un factor de utilizare cât mai bun pentru instalațiile de compensare.

Principiile de bază ale programului de ansamblu al lucrărilor de îmbunătățire a factorului de putere

Alegerea puterii și amplasamentului dispozitivelor de compensarea puterii reactive prezintă importante dificultăți, deoarece există o interdependență strânsă între aceste dispozitive, din punct de vedere economic.

Intr'adevăr, din expresia echivalentului economic al puterii reactive :

$$K = 2 \Delta U_R \% \sin \varphi$$

rezultă că valoarea indicelui tehnico-economic depinde de valoarea factorului de putere.

In ipoteza normală că o rețea alimentează mai mulți consumatori, care conduc la o anumită valoare cos φ a factorului de putere, corespunde o anumită valoare la fiecare din consumatori pentru echivalentul economic al puterii reactive. In momentul în care, la unul din acești consumatori, se instalează un sistem de compensarea puterii reactive, intervenind o creștere a factorului de putere până la o nouă valoare cos φ_1, valoarea echivalentului economic al puterii reactive la ceilalți consumatori a fost schimbată și oportunitatea instalației dispozitivelor de compensație poate fl pusă în discuție.

In momentul în care valoarea factorului de putere se apropie de unitate, valoarea echivalentului economic al puterii reactive tinde spre zero.

In consecință, este evident că ameliorarea factorului de putere de către consumatorii numai pe considerații tarifare, în mod independent unul de altul, nu este rațională.

Din acest punct de vedere, este interesantă părerea lui B. A. Poliacov, referitoare în special la condensatorii statici :

„Prescripția principală impusă instalării condensatorilor constă în obținerea unui efect util maxim asupra sistemului prin instalarea fiecărui kvar.

Deoarece aceasta depinde într'o măsură însemnată de locul în care se conectează condensatorii în sistem, alegerea puterii instalațiilor de condensatori nu trebue să se facă separat pentru diferite puncte ale sistemului, ci într'o dependență reciprocă, în ordinea realizării unui factor de putere mărit pentru întreg sistemul electric sau pentru sectoare mari ale acestui sistem, cum sunt rețelele raionale".

In consecință, la baza tuturor măsurilor practice luate pentru mărirea factorului de putere al sistemelor electrice, trebue să existe proiectele elaborate din însărcinarea întreprinderilor furnizoare de energie electrică, cu scopul măririi factorului de putere al întregii rețele. Aceste proiecte trebue să stabilească :

1. Amplasamentul și felul dispozitivelor de compensare
2. Puterea totală a fiecărei instalații de compensare.
3. Ordinea în care se vor instala dispozitivele de compensare.

In concluzie, trebue menționat că proiectarea generală a unei electrificări, comportă 2 proiecte distincte, suprapuse : unul pentru producerea și distribuția puterii active, celelalte pentru producerea transportul și distribuția puterii reactive.

Problema îmbunătățirii factorului de putere în rețelele electrice din țara noastră

Problema îmbunătățirii factorului de putere în rețelele electrice din țara noastră necesită un studiu special, deoarece condițiile sunt în într'o anumită măsură diferite de ale celorlalte țări cu caracter industrial.

In situația actuală o mare parte de energie este produsă prin centrele locale și numai într'o măsură redusă energia este transportată la distanțe mai mari. Din această cauză, valorile actuale ale echivalentului economic al puterii reactive sunt în foarte multe cazuri relativ reduse. Pe măsura realizarii planului de electficare, situația se modifică radical, din punct de vedere al transportului energiei la distanță.

In consecință, în situația actuală, ordinea de aplicare a măsurilor de îmbunătățire a factorului de putere pentru rețele având tensiuni și frecvențe standardizate, ar trebui să fie cea indicată mai jos.

1. Instalarea de contori de energie activă și reactivă în toate întreprinderile industriale, în ateliere și grupe de motoare și chiar la unele motoare individuale de putere mare, pentru a se putea aduna un material documentar cât mai complet asupra repartizării și circulației de putere reactivă în vederea stabilirii unor mijloace de compensare cât mai raționale.

In acest scop, fabricarea în țară a contorilor trifazați de putere activă și reactivă capătă o importanță deosebită.

2. Aplicarea de măsuri tehnico-organizatorice privind reducerea consumului de putere reactivă al motoarelor și în mod special :

— Verificarea modului cum au fost efectuate reparațiile de motoare.

— Introducerea de limitatori automați de mers în gol la un număr cât mai mare de motoare.

— Schimbarea montajului din triunghi în stea, în special în cazul motoarelor prevăzute cu demaror stea — triunghi.

— Inlocuirea motoarelor de putere mai mare, funcționând cu un factor de încărcare prea redus cu alte motoare de putere mai mică.

3. Adoptarea de mijloace speciale de îmbunătățire a factorului de putere, care se pot aplica direct asupra motoarelor asincrone existente în instalații de putere mare.

In acest sens, trebue aplicată în primul rând sincronizarea motoarelor asincrone în cazurile în care condițiile de exploatare permit acest lucru. In acest scop, ar urma să fie stabilite motoarele la care s'ar putea aplica această măsură și ar trebui pus în fabricație aparatajul de sincronizare corespunzător.

In al doilea rând, ar trebui utilizate montajele în cascadă cu mașini cu colector, în cazul motoarelor de puteri depășind 100 . . . 200 kW. Această soluție, unde poate fi aplicată, prezintă un avantaj special, în cazul țării noastre datorită faptului că fabricația mașinilor electrice este mult mai ușoară decât fabricația condensatorilor statici.

In acest scop, ar urma să fie stabilite principalele tipuri de motoare la care s'ar putea adopta acest mijloc de compensare și ar trebui proiectate și puse în fabricație un număr redus de tipuri de excitatrice trifazate cu colector pentru montaj în cascadă. In acest sens, trebue menționat că la mai multe întreprinderi industriale din țară există asemenea instalații funcționând în condiții foarte bune și care ar putea servi ca model pentru realizarea noilor instalații.

4. Introducerea în noile instalații, care se vor executa în viitor, de motoare sincrone, în toate cazurile în care condițiile de exploatare permit acest lucru și în special în cazul agregatelor de pompare și ventilatoare.

Deasemenea, se recomandă a se încerca înlocuirea unora din actualele motoare asincrone cu motoare sincrone în instalații în care se va putea găsi o altă destinație pentru motoarele asincrone existente.

5. Instalarea de baterii de condensatori în toate cazurile în care această măsură ar fi avantajoasă după îmbunătățirea factorului de putere prin aplicarea tuturor celorlalte măsuri enunțate mai sus.

Prin fabricarea de condensatori în țară, se vor putea completa nevoile de compensarea puterii reactive prin acest sistem, care constitue principalul mijloc de îmbunătățirea factorului de putere în rețelele electrice.

O situație specială este creată de rețelele electrice din regiunea petrolieră în care factorul de putere are valori foarte reduse, datorită pe de o parte factorului de încărcare relativ al motoarelor de foraj și datorită pe de altă parte construcției speciale cu întrefier mărit al motoarelor utilizate în aceste rețele.

Măsurile care trebuesc aplicate în cazul acestor rețele trebue să țină seama de condițiile speciale de exploatare ale motoarelor din aceste rețele, și anume:

1. O mare parte din motoare sunt utilizate pentru stațiile de pompare și funcționează cu un număr mare de ore de utilizare anual. Aceste motoare ar putea fi în viitor înlocuite cu motoare sincrone, iar cele existente ar putea fi sincronizate.

2. O mare parte din motoare ar putea fi folosite în instalații de foraj fie pentru antrenarea sistemului de forare, fie pentru pompele de noroi. Aceste motoare sunt de puteri mari reprezentând în total circa 600 . . . 700 kW de fiecare sondă în foraj, dar funcționează cu un număr mai redus de ore de utilizare din cauza întreruperilor produse de operațiile de înădire a coloanelor de foraj.

Pentru aceste instalații supuse la eforturi importante, adoptarea de motoare sincrone sau de motoare asincrone sincronizate nu este posibilă. In consecință, soluția condensatorilor statici este cea mai indicată.

In cazul utilizării condensatorilor statici, trebue observat că numai o compensare a puterii reactive de joasă tensiune poate fi interesantă, dat fiind că un procent mare de pierderi se produc în rețeaua de joasă tensiune. Cum însă cea mai mare parte din motoarele de foraj sunt legate prin linii directe la stațiile de transformatori, ar trebui realizată o compensare individuală prin baterii de condensatori la fiecare sondă de foraj.

Dat fiind puterea mare a motoarelor folosite în operațiile de foraj (peste 160 kW, s'ar putea examina și situația montajului în cascadă a acestor motoare cu compensatoare cu colector, adoptând eventual pentru aceste o construcție capsulată pentru evitarea pericolului scânteilor la colector, așa cum s'a făcut deja pentru inelele colectoare.

★

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГРАММЫ УЛУЧШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Резюме

В этой четвертой статье серии касающейся технико-экономической стороны вопроса коэффициента мощности, просматриваются основы его улучшения: пределы, специальные меры, критерии выбора установки, расположение и т.д. Наибольшее внимание дается экономическому эквиваленту реактивной мощности и основным принципам общей программы работ по улучшению коэффициента мощности.

PERSPECTIVELE DE DESVOLTARE A ENERGETICEI SOVIETICE IN VIITORUL APROPIAT

Ing. LEON MIHAIL

Desvoltarea energeticei sovietice în viitorul apropiat se va baza în mare parte pe valorificarea resurselor energetice încă nefolosite.

In anul 1955, la finele celui de al cincilea plan cincinal de desvoltare a economiei U.R.S.S. (1951—1955), producţia de energie electrică va fi crescut în Uniunea Sovietică cu aproximativ 80% faţă de cea din anul 1950. Puterea totală a centralelor termo şi hidroelectrice va creşte în decursul cincinalului de două ori; precumpănitoare va fi însă creşterea centralelor hidroelectrice, a căror putere se va tripla.

Construirea de noi centrale electrice în actualul cincinal va face ca, spre sfârşitul anului 1955, mai mult de jumătate din centralele electrice sovietice să aibă o vârstă mai mică de cinci ani.

Noul utilaj al centralelor electrice fiind de tipul cel mai modern şi de productivitate maximă, energetica sovietică va fi şi din acest punct de vedere mult mai înaintată decât energetica ţărilor capitaliste, unde utilajul învechit atârnă ca o ghiulea de picioarele producţiei, după cum spunea I. V. Stalin, şi frânează introducerea şi răspândirea tehnicei noi.

Indicii tehnico-economici ai energeticei din ţările capitaliste scad prin folosirea utilajului vechi şi uzat. Această stare de lucruri se explică prin faptul că regimul capitalist este pentru tehnica nouă, atunci când ea îi promite profiturile cele mai mari. Capitalismul este împotriva tehnicii noi şi pentru trecerea la munca manuală, atunci când tehnica nouă nu mai promite profiturile cele mai mari [1]).

Energetica în al V-lea Plan Cincinal

Trecând în revistă — în cele ce urmează — numai marile construcţii hidroeneregtice care se vor realiza în cincinalul în curs, trebue să arătăm în primul rând că, în 1955, va intra în funcţiune marea centrală hidroelectrică dela Cuibâşev; ea va avea o putere instalată de 2,1 milioane kW, în prezent cea mai mare din lume.

In anul 1954 va fi dată în exploatare centrala hidroelectrică de pe râul Cama, care va alimenta cu energie electrică regiunea Uralului. Ca şi odinioară, construirea centralei hidroelectrice de pe fluviul Nijni-Svir [2]), centrala de pe Cama prezintă o interesantă soluţie constructivă, pe care au adoptat-o proiectanţii şi constructorii sovietici. In această centrală, sala maşinilor este aşezată în corpul de beton al barajului. Această soluţie a profesorului B. C. Alexandrov permite o însemnată reducere a volumului lucrărilor de beton, precum şi o scurtare sensibilă a timpului de construcţie.

Tot pe fluviul Cama, în decursul actualului plan cincinal, este prevăzută construirea unei centrale hidroelectrice la Votchinsc, care va alimenta cu energie electrică raioanele industriale centrale.

O nouă treaptă a „cascadei" de centrale hidroelectrice de pe Volga, este centrala hidroelectrică dela Cebocsarî, care va fi deasemenea construită în decursul actualului cincinal.

Din lucrările de mare amploare ce urmează a fi continuate în al cincilea plan cincinal şi terminate ulterior, trebue menţionată construirea centralelor hidroelectrice dela Stalingrad şi Cahovca.

Uniunea Sovietică creează mari posibilităţi de desvoltare tuturor republicelor care o alcătuesc. Această grijă este materializată şi prin construcţiile energetice. Astfel, în cursul acestui an a intrat în funcţiune centrala hidroelectrică dela Mingheceaur, de pe râul Cura din Transcaucazia. Ea asigură alimentarea cu energie electrică a regiunii Bacu şi a altor regiuni din Azerbaidjan şi contribue la irigarea a peste un milion hectare din şesul Cura-Arax. Aceasta va asigura un mare avânt şi va duce la reorganizarea radicală a agriculturii în R.S.S. Azerbaidjană. Centrala hidroelectrică dela Mingheceaur va pune la dispoziţia economiei azerbaidjane energie ieftină şi — împreună cu sistemul de irigare din şesul Cura-Arax — va permite valorificarea unui întins teritoriu care este astăzi pustiu, folosindu-l pentru cultura cerealelor, a bumbacului şi în vederea realizării unei baze furajere permanente pentru zootehnica azerbaidjană.

Datele constructive ale acestei importante lucrări prezintă un interes deosebit. Complexul hidroenergetic Mingheceaur din Transcaucazia cuprinde un baraj de pământ înalt de 76,5 m. Lacul de acumulare are o capacitate utilă de 16 miliarde m^3; centrala electrică are o putere de 300 000 kW şi va produce aproape 1,5 miliarde kWh/an. Complexul mai cuprinde o vastă reţea de canale pentru irigarea a 1,4 milioane ha sol arabil, instalaţii pentru piscicultură, etc. Prin

[1]) *I. V. Stalin*: „Problemele economice ale socialismului în U.R.S.S.", Editura pentru literatura politică, p. 44.

[2]) „Privire asupra desvoltării hidroenergeticei sovietice până la marile construcţii ale comunismului", Energetica Nr. 4/1953.

lucrările realizate, fluviul Cura va deveni navigabil pe o distanță de 600 km.

In Cazahstan, pe cursul superior al fluviului Irtâș, la Ust-Camenogorsc, s'a pus în funcțiune în 1952 o puternică centrală hidroelectrică, pentru care se dau în cele ce urmează câteva cifre mai importante: fluviul Irtâș este una din cele mai mări ape ale Siberiei; el are 4 451 km și este navigabil pe toată întinderea sa. Centrala hidroelectrică va furniza energie numeroaselor întreprinderi din regiune. Barajul de pe Irtâș este foarte înalt și debitul apei, precum și capacitatea ecluzelor, permit trecerea vaselor de tonaj mare. Incă din 1950, hidrotehnicienii sovietici au mecanizat aproape 90% din lucrările de terasament și 90% din operațiile de turnare a betonului. Pe șantierele acestei mari construcții, munca se desfășoară fără întrerupere chiar pe gerurile cele mai aspre, uneori de 40°C.

In cursul acestui an, a început construcția unei alte centrale hidroelectrice la Butarminsc, pe același fluviu. Ambele centrale hidroelectrice (Ust-Camenogorsc și Butarminsc) vor furniza energie electrică ieftină industriei care prelucrează imensele rezerve metalice ale Altaiului muntos. Centrala dela Butarminsc va avea un mare lac de acumulare pentru asigurarea egalizării debitului de apă al fluviului Irtâș. Aceasta va face ca centralele hidroelectrice de pe Irtâș să nu aibă nevoe de rezervă termică.

In Armenia Sovietică, va intra în funcțiune centrala hidroelectrică dela Ghimuș, care constitue una din treptele cascadei fluviului Sevan.

In Siberia, centrala hidroelectrică dela Novosibirsc va avea un rol hotărîtor în electrificarea principalei căi ferate siberiene și va furniza energie electrică multor mari industrii noi.

Desvoltarea forțelor de producție ale Uniunii Sovietice a permis să se treacă la mobilizarea pe scară largă a imenselor resurse ale Siberiei. In adevăr, având o întindere de trei ori mai mare decât partea europeană a U.R.S.S. și posedând bogății naturale incalculabile, Siberia se va desvolta într'un ritm rapid. Resursele existente vor determina o creștere impetuoasă a economiei siberiene într'un viitor apropiat [2]).

Hotărîrea istorică a celui de al XIX-lea Congres al Partidului Comunist al Uniunii Sovietice privind începerea lucrărilor în vederea utilizării resurselor energetice ale fluviului Angara, deschide o eră nouă în ceeace privește repartizarea și desvoltarea economiei naționale a U.R.S.S. Ea va duce la desvoltarea, pe bază de energie electrică ieftină și a isvoarelor de materii prime locale, a industriei de aluminiu, a industriei chimice, a industriei miniere, etc.

Tovarășul G. M. Malencov a arătat că, în perioada care s'a scurs, industria din regiunile răsăritene ale U.R.S.S. s'a desvoltat într'un ritm rapid, ceeace a avut drept rezultat o importantă modificare în repartiția regională a industriei sovietice. In regiunile dela răsărit de Volga, din Urali, Siberia, Orientul îndepărtat, R. S. S. Cazahă și Republica Unională din Asia Centrală, s'au creat puternice baze industriale. Volumul total al producției industriale din aceste regiuni a crescut în anul 1952 de trei ori față de anul 1940. In 1951, s'a realizat în regiunile răsăritene aproape o treime din întreaga producție industrială a U.R.S.S., mai mult de o jumătate din întreaga cantitate de oțel și laminate, aproape o jumătate din tot cărbunele și petrolul și peste 40% din energia electrică.

In planul de industrializare a Siberiei au un rol însemnat: Uralul și bazinul carbonifer Cuznețc, situate la o distanță de 2 000 km unul de altul și posedând zăcăminte de fier și de cărbune de o importanță mondială. Marele combinat Uralo-Cuznețc, creat în al doilea cincinal și având drept caracteristică principală schimbul reciproc de cărbune și minereu de fier, a făcut să se desvolte în Siberia de Apus o puternică bază carboniferă și metalurgică pentru întreaga Asie de Nord. Cu sprijinul acestei baze, a fost posibilă dotarea cu mașini a tuturor ramurilor economiei sovietice din noile regiuni industriale, precum și construirea unor artere principale de căi ferate, de mare capacitate. Desvoltarea Siberiei cere un sistem principal de cale ferată de cel puțin 50 mii km, căci numai astfel pot fi valorificate vastele întinderi siberiene, taiga din Nord și șesul Siberiei Apusene, unul din cele mai mari șesuri din lume.

Industrializarea imenselor regiuni dintre Munții Urali și Oceanul Pacific, regiune în care se află o foarte mare parte a bogățiilor naturale de bază ale Uniunii Sovietice, va lua o mare desvoltare.

Principalele noduri ale acestui puternic sistem economic vor fi Uralul cu zăcămintele sale metalifere, Cuzbasul carbonifer și metalurgic, Siberia Apuseană cu baza alimentară și industrială și Siberia Orientală ca centru al industriei metalelor neferoase, al industriei chimice, al cărbunelui și lemnului și în special ca puternic centru hidroenergetic prin marile sale fluvii: Obi, Ienisei, Iena, Angara. Acest sistem are ieșire spre Oceanul Pacific, „Marea Mediterană a viitorului", după expresia lui Herzen, cât și spre China. Se vor crea astfel posibilități nemărginite pentru o colaborare economică internațională.

Hidroenergeticienii consideră fluviul Angara și lacul Baical, din care el ia naștere, ca un fenomen natural unic în felul său. Baicalul este cel mai mare lac de apă dulce din Asia și Europa și cel mai adânc de pe tot globul. In Baical se varsă peste 300 râuri și din el isvorăște numai fluviul Angara.

Lacul Baical are o lungime de 600 km și o lățime medie de 60 km. Evaporarea de pe suprafață fiind redusă și alimentarea făcându-se relativ uniform în tot timpul anului, lacul reglează debitul Angarei, făcându-l aproape constant în decursul întregului an și îi conferă astfel neîntrecute însușiri energetice.

---

2. *A. N. Vinter* și *A. B. Marchin*: „Perspectivele energeticei sovietice", Vestnic Academii Nauc, S.S.S.R. Nr. 11/1952.

Lacul Baical fiind un imens bazin natural, scuteşte pe hidrotehnicieni de construirea unui lac de acumulare artificial, legat de mari investiţii şi determinând astfel pentru centralele hidroelectrice de pe fluviul Angara un regim de exploatare foarte favorabil. Această asigurare a rezervelor de apă, pe tot timpul anului, precum şi absenţa marilor viituri de primăvară vor face ca puterea turbinelor să poată fi utilizată până la 8 000 ore anual.

Impreună cu afluenţii săi, fluviul Angara poate da mai multă energie electrică decât produc în prezent toate centralele electrice din Franţa, Italia, Suedia, Spania, Olanda, Belgia şi Danemarca la un loc. Folosirea energetică complexă a fluviului Angara va permite economisirea a circa 100 milioane tone combustibil convenţional anual, pentru extracţia, transportul şi arderea căruia ar fi fost necesare instalaţii şi mijloace materiale enorme.

Asemenea caracteristici, care se întâlnesc foarte rar în practica hidroenergetică determină reducerea cheltuielilor materiale şi a timpului necesar amenajării construcţiilor auxiliare; ele permit micşorarea sensibilă a volumului lucrărilor de beton.

Costul energiei electrice pe care o va produce Angara va fi cel mai redus din toată lumea. Energia abundentă, ieftină şi bine asigurată în tot cursul anului, determină întemeierea în Siberia Orientală a unui mare număr de întreprinderi industriale. Acestea vor fi : în primul rând, industria de aluminiu care consumă până la 18 000 kWh pentru producerea unei tone de metal, precum şi alte industrii care necesită un mare consum de energie electrică : industria chimică (îngrăşăminte), industria minieră, etc.

Abundenţa de energie electrică ieftină va permite crearea, pe vastele întinderi ale Siberiei Orientale, de întreprinderi electrificate pentru prelucrarea materiilor prime agricole, electrificarea căilor ferate din regiunea sistemului energetic al Angarei, precum şi electrificarea culturii cerealelor şi a tuturor genurilor de producţie agricolă.

In decursul celui de al cincilea plan cincinal se vor construi în Siberia Orientală mari centrale termoelectrice (C.T.E.), precum şi centrale electrice de termoficare (C.E.T.). Uniunea Sovietică este prima ţară din lume, unde s'a introdus pe scară întinsă folosirea complexă şi raţională a căldurii aburilor.

Uniunea Sovietică se află în fruntea tuturor ţărilor din lume în ceeace priveşte termoficarea. Termoficarea are o însemnătate extrem de mare pentru desvoltarea energeticei, producerea energiei electrice, combinată cu furnizarea de căldură la distanţă, fiind o metodă care utilizează până la 70% căldura combustibilului. Trebue subliniat cu acest prilej că necesităţile termice ale întreprinderilor sovietice absorb aproape jumătate din întreaga producţie de combustibil a ţării, adică de patru-cinci ori mai mult decât pentru producerea energiei electrice.

Pentru mărirea randamentului încălzirii la distanţă, este prevăzută o racordare a centralelor termoelectrice la sistemele care alimentează numai cu energie termică. Deasemenea, se prevede folosirea deşeurilor de combustibil, intensificarea recuperării căldurii în industrie ca isvoare energetice secundare şi construirea de centrale electrice, care să funcţioneze cu deşeurile rămase dela ameliorarea cărbunelui.

O problemă actuală este cea a construirii centralelor de termoficare la o distanţă de 40...50 km de centura verde a oraşelor. Aceasta are scopul de a ameliora condiţiile de trai ale populaţiei din punctul de vedere igienico-sanitar, deoarece produsele de ardere ale combustibililor inferiori sunt nocive prin combinaţiile de sulf, gudroane, etc. pe care le conţin.

Oamenii de ştiinţă şi inginerii sovietici au elaborat metode noi de utilizare complexă, energo-chimică a combustibilului, care dă posibilitatea de a obţine dintr'un combustibil solid de calitate inferioară (turbă, cărbune brun, şisturi), înainte de arderea lui în focarele cazanelor, produse valoroase ca : gaze şi gudron, care sunt materii prime pentru fabricarea de produse chimice şi combustibil lichid. Semicocsul cald, care se obţine din această operaţie, este ars în focarele cazanelor centralelor termoelectrice.

Desvoltarea rapidă a hidroenergeticei şi organizarea raţională a funcţionării centralelor termoelectrice vor soluţiona în cincinalul în curs şi problema importantă a creşterii continue a rentabilităţii întregii economii energetice a Uniunii Sovietice.

Politica energetică a Uniunii Sovietice consideră inadmisibil de a se privi unilateral problema electrificării, adică numai în sensul construirii centralelor electrice şi a sistemelor energetice. Problema constă nu numai într'o simplă înlocuire a unui fel de energie prin altul, ci într'o creştere a tuturor forţelor de producţie.

In anii de după război, electrificarea a devenit, mai mult ca înainte, condiţia înzestrării tuturor ramurilor industriei cu maşini şi agregate de tipuri noi, a introducerii unor procese tehnologice mai perfecţionate, a organizării mai raţionale a producţiei. Parcul de maşini-unelte s'a complectat în această perioadă cu maşini noi, mai productive, numărul lor total crescând de 2,2 ori. Industria de maşini a Uniunii Sovietice a creat numai în ultimii trei ani aproape 1 600 tipuri noi de mecanisme şi maşini.

In anii 1946—1951 au fost refăcute, construite şi puse în funcţiune aproape 7 000 mari întreprinderi industriale de Stat. Acest program gigantic s'a realizat pe baza electrificării.

Planul cincinal 1951—1955 prevede un nou şi mare avânt productiv al tuturor ramurilor economiei naţionale pe baza tehnicii noi, iar procesul tehnic al oricărui gen de producţie este legat de rolul mereu crescând al electrificării.

In cursul acestui cincinal va fi terminată, în linii mari, mecanizarea lucrărilor grele din in-

dustrie şi construcţii precum şi a celor mai grele munci din agricultură.

Automatizarea şi telemecanizarea sunt metodele cele mai superioare ale mecanizării. Desvoltarea largă a acestor metode asigură avântul economiei naţionale şi — îmbunătăţind condiţiile muncii — eliberează omul pentru multe alte sarcini de ordin superior din producţie.

In ce priveşte telecomenzile, trebue menţionat că 91% din toate centralele hidroelectrice ale Ministerului Centralelor Electrice al U.R.S.S. sunt complect automatizate: pornirea, oprirea şi reglarea hidroagregatelor se face pe cale automată. Telemecanizarea se întrebuinţează pe o scară din ce în ce mai largă. Un număr de şapte centrale hidroelectrice funcţionează în prezent fără personal de serviciu şi sunt comandate dela un post de comandă aflat la o distanţă de zeci de kilometri.

In centralele termoelectrice, mai mult de 60% din debitul cazanelor este comandat în mod automat. Astfel, alimentarea cu combustibil a focarelor, alimentarea cu apă a cazanelor şi reglarea încărcării agregatelor se fac automat. La agregatele moderne, fochiştii au fost înlocuiţi cu mecanici calificaţi.

In U.R.S.S., este pe cale de terminare automatizarea tuturor centralelor termoelectrice; în decurs de 3—5 ani, ele vor trece la sistemul de telecomandă; deasemenea, se va termina în anii care vin automatizarea centralelor termoelectrice. Crearea sistemelor energetice şi funcţionarea lor normală sunt de neconceput fără automatizare şi telemecanizare.

Acest deziderat tehnic se realizează succesiv şi în toate celelalte ramuri ale economiei naţionale.

Necesităţi tehnice de importanţă excepţională sunt: automatizarea folosirii resurselor energetice de către centralele electrice, staţiile de gazeificare subterană a cărbunelui, instalaţiile energetice eoliene. Transportul automatizat al energiei electrice pe linii de transport de înaltă tensiune, precum şi transportul automatizat al căldurii în sistemul termic de distribuţie, se îmbină armonios cu automatizarea extracţiei de combustibil şi a transportului automatizat al acestuia prin conducte de petrol şi gaz.

In anii orânduirii sovietice, au fist create sute de puncte de sprijin ale electrificării şi anume centrale electrice raionale, care asigură alimentarea cu energie electrică a economiei naţionale. Majoritatea centralelor electrice de utilizare generală sunt reunite într'o reţea raională. In prezent, se desfăşoară lucrări de legare interraională a sistemelor energetice. Marile centrale hidroelectrice de pe Volga dela Cuibâşev şi Stalingrad vor servi ca puncte de sprijin ale sistemului unic de înaltă tensiune ce se crează în partea europeană a U.R.S.S. In cursul celui de-al cincilea plan cincinal, va fi construită veriga principală a acestui sistem grandios — linia de transport a energiei electrice dela Cuibâşev la Moscova. Mai mult de jumătate din energia produsă de marea centrală hidroelectrică dela Cuibâşev va merge în sistemul energetic al Moscovei.

O putere mai mare de un milion de kilowaţi, transmis pe o linie trifazică de 800 km lungime, sub o tensiune de 400 kW — iată caracteristicile excepţionale ale transportului de energie electrică dela Cuibâşev la Moscova. Odată cu darea în exploatare a altor uriaşe centrale hidroelectrice: dela Stalingrad, Gorchi şi Cebocsarî, precum şi a unor mari centrale termoelectrice, puterea sistemului energetic Moscova (Mosenergo) va creşte mai mult de trei ori.

Crearea unei reţele unice de înaltă tensiune în partea europeană a U.R.S.S. este una din problemele cele mai importante în realizarea programului leninist-stalinist de electrificare a Uniunii Sovietice. Această reţea va aduce mari îmbunătăţiri în funcţionarea însăşi a centralelor electrice care fac parte din acest sistem. Va scade sarcina de vârf prin necoincidenţa maximelor, va creşte rentabilitatea funcţionării centralelor ca urmare a încărcării maxime a grupurilor ce vor lucra cu un randament ridicat, se va micşora numărul grupurilor de rezervă.

Funcţionarea armonioasă a centralelor hidro electrice şi a celor termoelectrice cu abur va avea un efect economic considerabil, constând în creşterea productivităţii utilajului energetic, în siguranţa alimentării cu energie electrică, în reducerea investiţiilor de capital, în economia mare de combustibil şi în repartizarea cât mai raţională a consumatorilor; astfel se va realiza şi o reducere însemnată a costului energiei electrice.

O influenţă deosebită asupra funcţionării uniforme şi economice a întregului sistem energetic o va avea consumarea unei importante cantităţi de energie electrică în agricultură: pentru irigarea terenurilor şi altor lucrări agricole, se cere o cantitate maximă de energie într'un anotimp, în care în oraşe şi centre industriale, consumul de energie electrică este mai scăzut. Vor deveni astfel disponibile puteri însemnate în perioada în care se face irigarea vastelor terenuri din regiunile respective.

Astfel, pentru nevoile irigaţiei, în regiunea de dincolo de Volga, se vor putea lua — din bazinele de acumulare din amonte ale centralelor hidroelectrice dela Cuibâşev şi Stalingrad — excedente de apă provenite din viituri, care altfel ar putea deveni dăunătoare. La aceste mari hidrocentrale, se va ajunge la o concordanţă deplină a graficului de debit suplimentar provenit din viituri, cu graficul de consum de apă pentru nevoile irigaţiei. Utilizarea la irigaţie a apelor excedentare din lacurile de acumulare amonte ale acestor centrale va avea ca efect şi o îmbunătăţire apreciabilă a funcţionării acestora.

Reţeaua unică de înaltă tensiune va permite să se treacă de fapt la un sistem unic de gospodărire energetică. Crearea treptată a acestui sistem unitar va avea drept urmare electrificarea întregii ţări a Sovietelor, potrivit sarcinii trasate de V. I. Lenin prin lozinca sa istorică: „Comu-

nismul este puterea Sovietelor plus electrificarea întregei ţări", lansată la al VIII-lea Congres al Sovietelor, în anul 1920.

Energetica sovietică a lăsat în urmă, în multe domenii, pe cea din celelalte ţări. Aceasta se referă şi la rezolvarea problemei transportului de energie electrică, sub înaltă tensiune, la distanţe foarte mari, precum şi la noul utilaj energetic unic; se referă deasemenea la automatizarea şi telemecanizarea centralelor electrice şi sistemelor energetice, la folosirea complexă a resurselor hidraulice, la construcţia celor mai mari hidrocentrale din lume. Energetica sovietică a păşit înaintea tuturor ţărilor prin realizarea unei serii de probleme cum sunt: problema folosirii aburului de temperaturi şi presiuni foarte înalte, încălzirea la distanţă, teoria arderii, utilizarea energo-chimică a combustibilului, arderea combustibilului de calitate inferioară în cazanele centralelor termoelectrice, folosirea energo-tehnologică a resurselor secundare energetice din industrie, electrificarea transportului pe cale ferată, electrificarea complexă a economiei agricole, proiectarea tehnico-economică a gospodăriei energetice, etc.

Perspective de viitor

In faţa energeticienilor sovietici stă problema de a se imprima o nouă desvoltare cercetărilor ştiinţifice, pentru ocuparea primului loc în ştiinţa energetică mondială. Trebue rezolvată problema transportului de energie la distanţe mari şi foarte mari. Cercetările făcute în acest domeniu în ultimii ani au permis să se înceapă construirea liniei (unică în felul ei) de transport de energie electrică în curent alternativ, între Cuibâşev şi Moscova. Trebue rezolvată şi problema transportului de energie electrică sub înaltă tensiune, la distanţe mari, în curent continuu.

Directivele celui de al XIX-lea Congres al Partidului Comunist al Uniunii Sovietice, privind cel de-al cincilea plan cincinal de desvoltare a U.R.S.S., sunt de o mare putere mobilizatoare. Ele vor aduce, din partea energeticienilor sovietici, o insistenţă şi mai mare în tratarea problemelor de importanţă economică capitală, pentru a contribui în viitorul apropiat la o desvoltare şi mai rapidă a economiei sovietice.

Marile realizări ale Uniunii Sovietice în domeniul energetic crează premizele ştiinţifice şi tehnice pentru o punere în valoare, pe un plan şi mai vast, a altor isvoare de energie din Siberia, în afară de potenţialul energetic al fluviului Angara. Este vorba de marile fluvii siberiene ce se varsă în Oceanul Inghetat de Nord.

Pentru punerea în valoare a potenţialului hidroenergetic al acestor mari fluvii siberiene, s'au făcut numeroase proiecte, printre care şi cel al inginerului Davâdov; acesta a alcătuit un plan grandios de folosire complexă a energiei hidraulice a marilor fluvii siberiene Obi şi Ienisei, care transportă imense cantităţi de apă spre Oceanul Inghetat.

Situaţia hidrografică a Uniunii Sovietice arată că debitul total anual de 4 000 km³ al celor 1 500 cursuri principale de apă de pe teritoriul U.R.S.S. este neegal repartizat pe cele cinci mari bazine ale sale; astfel, în timp ce în Oceanul Inghetat se varsă aproape 60% din cantitatea de apă, spre Marea Caspică şi lacurile din Asia Centrală curg în total mai puţin de 10% din ape, ceeace este cu totul disproporţionat faţă de nevoile regiunilor respective [2]).

Alimentate atât de deficitar, aceste regiuni cuprind mari întinderi de pustiu şi stepă, precum şi zone vaste de precipitaţii insuficiente, unde irigaţia poate modifica radical condiţiile de desvoltare a agriculturii şi zootehniei.

Prelevările din Volga, planificate în sistemul „Volga cea Mare" pentru irigaţii în regiunea sarpiniană între Volga şi Ural, vor scade în — etapa finală — cantitatea de apă dusă de fluviul Volga în Marea Caspică; aceasta va avea drept consecinţă o scădere a nivelului şi a suprafeţii Mării Caspice, ceeace ar putea duce atât la micşorarea producţiei pescuitului (care constitue 35—40% din întreaga producţie de peşte a U.R.S.S.), cât şi la modificări climatice simţitoare.

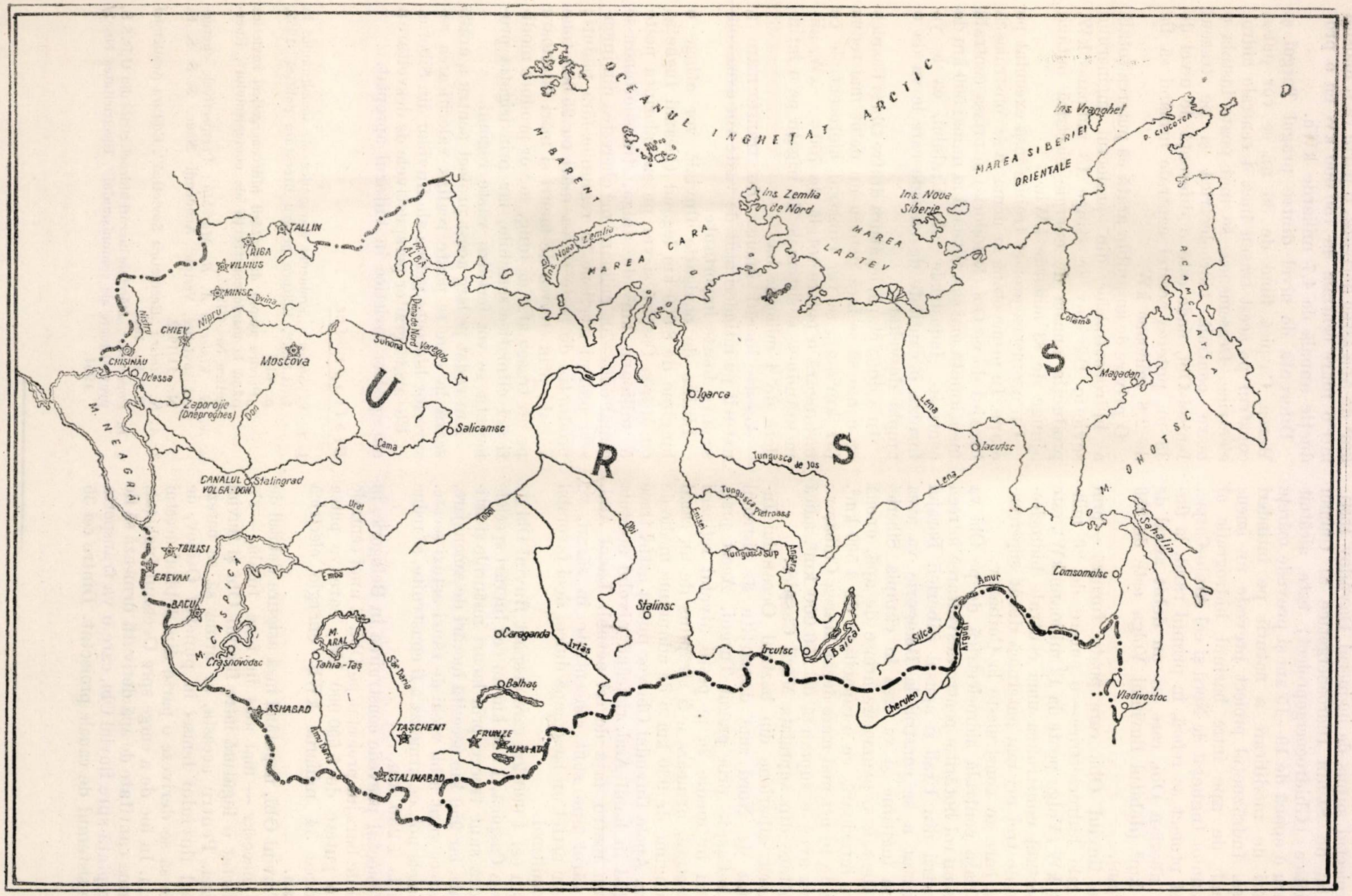
La irigarea acestor regiuni, nu pot fi folosite apele Bazinului Aral-Caspică fiindcă şi ele sunt deficitare. Pentru a transforma, prin irigare, vastele ţinuturi aride, de peste 8 milioane ha, în zone producătoare de bumbac şi alte culturi subtropicale, este nevoie de 60 km³ apă pe an din cei 54 km³, pe care fluviile Sîr-Daria şi Amu-Daria le aduc anual în apele sărate ale lacului Aral. Această prelevare ar reduce în scurt timp suprafaţa lacului Aral dela 70 000 km² la 12 300 km², ceeace ar avea consecinţe climatice negative pentru întreaga regiune.

In total, pentru terenurile ce au nevoie de irigaţie în acea regiune şi care se întind pe o o suprafaţă de 100 milioane ha, este necesară o cantitate uriaşă de ape şi anume 300 km³ pe an; în stadiul final al eventualităţii executării planului Davâdov, ar fi nevoie de 480 km³ apă, pentru toate lucrările complexe de irigaţie, navigaţie, alimentare cu apă, piscicultură, etc. Această cantitate enormă de apă se va putea lua — după cum arată hidroenergeticienii sovietici — din apele care curg fără folos în Siberia, spre Oceanul Inghetat de Nord.

Ar părea, la prima vedere, că îndreptarea spre Sud a marilor ape din bazinul hidrografic al Oceanului Inghetat de Nord ar fi nerealizabilă. Totuşi, încă la finele secolului al XIX-lea, savantul rus Dcuceacov a sugerat îndrumarea spre Marea Caspică a unei părţi din apele fluviului Obi. O asemenea propunere nu a putut fi însă tradusă în viaţă în regimul feudalo-capitalist, în care forţele de producţie ale ţării erau frânate şi împiedecate în desvoltarea lor firească.

---

[2]) *B. Popovschi*: „Măreţele lucrări hidroelectrice din U.R.S.S. prevestitoare ale Comunismului", Electricitatea Nr. 2/1951.


OCEANUL INGHEȚAT ARCTIC
M. BARENT
MAREA CARA
Ins. Noua Zemlia
Ins. Zemlia de Nord
Ins. Noua Siberie
MAREA LAPTEV
MAREA SIBERIEI ORIENTALE
Ins. Vranghel
P. CIUCOTCA
P. CAMCIATCA
M. OHOTSC
Colama
Magadan
Lena
Iacutsc
Tungusca de Jos
Tungusca Pietroasă
Tungusca Sup
Angara
Enisei
Obi
Irtâș
Ircutsc
L. Baica
Silca
Argunt
Amur
Cherulen
Comsomolsc
L. Sahalin
Vladivostoc
Stalinsc
Caraganda
Balhaș
Irtâș
Iguarca
Salicamsc
Cama
Urat
Emba
Don
Zaporojie (Dneproghes)
Moscova
Suhona
Varegdo
Dvina
Nipru
Nistru
CHIEV
CHIȘINĂU
Odessa
TALLIN
RIGA
VILNIUS
MINSC
M. ALBĂ
Dvina de Nord
CANALUL VOLGA-DON
Stalingrad
M. NEAGRĂ
TBILISI
EREVAN
BACU
M. CASPICĂ
Crasnovodsc
ASHABAD
M. ARAL
Tahia-Taș
Sâr Daria
Amu Daria
TAȘCHENT
FRUNZE
ALMA-ATA
STALINABAD
U R S S

Proiectul supus de inginerul Davâdov Institutului de Studii Hidroenergetice al Uniunii Sovietice (Ghidroenergoproiect) este alcătuit pentru o epocă de 10—15 ani şi prevede măreţe lucrări de modificare a naturii pe întinderi uriaşe. Indrăznetul proiect prevede un imens schimb de ape între bazinul hidrografic al Oceanului Inghetat de Nord şi cel Aralo-Caspic. Acest proiect se referă, în primul rând, la fluviul siberian Obi, care are un debit anual de 394 km³ (debitul fluviului Volga este de 256 km³/an).

Pe fluviul Obi, care poate furniza — prin centrale hidroelectrice — o putere de 26 milioane kW (Volga poate da 12 milioane kW), este proiectată construirea unei centrale hidroelectrice de trei ori mai puternică decât supercentrala care se construieşte la Cuibâşev.

Uriaşa centrală hidroelectrică de pe Obi va avea un rol hotărîtor pentru desvoltarea întregii industrii din Urali şi apusul Siberiei. Barajul proiectat a se construi la Belogorie va avea 78 m înălţime şi va crea în câmpia Siberiei Occidentale o acumulare uriaşe de apă, o nouă mare interioară, cu o capacitate de 4 500 km³, deci de 10 ori mai mare decât Marea Cuibâşev; ea va avea o suprafaţă de 250 000 km², adică jumătate din suprafaţa Mării Caspice.

Apele siberiene din bazinul Oceanului Inghetat de Nord sunt despărţite de sistemul Aralo-Caspic prin pragul Turgoi. Acest prag, având în medie 26 m peste nivelul reţinerii proiectate, urmează a fi străpuns de un canal în lungime de 930 km şi de adâncime medie de 40 m. Apele fluviului Obi vor putea astfel trece parţial în lacul Aral, ridicând nivelul acestuia cu un metru faţă de cel actual. Lacul Aral, ale cărui ape sunt concentrate în săruri, va deveni astfel un lac cu apă dulce, deci favorabil pisciculturii.

Din cei 4 000 km care despart fluviul Obi de Marea Caspică, 1 800 km nu cer lucrări speciale fiindcă sunt treceri prin lacuri naturale şi artificiale, iar 950 km necesită lucrări de amenajare, deoarece sunt albii vechi de râuri astăzi secate. Canalele noi, ce urmează a fi construite, se reduc deci la 1 250 km.

Proiectul prevede construirea în Belogorie, în aval de barajul proiectat pe Obi, a unei centrale cu o putere de 5 600 000 kW, care va putea produce 34 miliarde kWh energie electrică pe an.

Fluviul Obi, neputând însă asigura debitul de apă necesar — mai ales în faza finală, — s'a proiectat o legătură între fluviul Obi şi fluviul Ienisei. Pentru aceasta, ar urma să se bareze cursul fluviului Ienisei în punctul Osinov, de unde să se deriveze o parte din debitul acestui fluviu. In loc de a curge spre Oceanul Inghetat, enorma cantitate de apă derivată urmează să fie îndreptată spre fluviul Obi, care o va transporta spre sistemul de canale proiectat. Dintre cei 35 km² de apă astfel derivată, o parte va fi folosită într'o mare centrală de 750 000 kW cu o producţie anuală de 4,7 miliarde kWh.

Diferenţa de nivel dintre pragul Turgoi şi Marea Caspică fiind de 86 m, se vor putea construi pe acest traseu încă 4 centrale hidroelectrice. Deasemenea, se mai poate instala o mare centrală hidroelectrică şi pe traseul Ienisei-Obi, unde este o diferenţă de nivel de 35 m, puterea acestei centrale urmând să fie de 2,6 milioane kW.

O privire de ansamblu arată că puterea totală a hidrocentralelor din proiectul inginerului sovietic Davâdov ar atinge 13 milioane kW, producţia anuală de energie electrică putând ajunge de 83 miliarde kWh.

Un asemenea proiect trebue însă executat pe etape. In prima etapă ar urma să se construiască barajul de pe Obi (Belogorie) şi uriaşa centrală menţionată mai sus. Situată la numai 500 km de centrele industriale ale Uralului, ea le va furniza o cantitate de energie care le va da o amplă desvoltare.

In a doua etapă, legătura dintre Obi şi Caspica ar urma să se facă pentru un debit mai redus (31 km³/an); se vor construi hidrocentrale ce însumează o putere totală de 750 [illegible] kW, alimentându-se şi sistemele de irigaţii pe o întindere de 4 milioane ha.

Aceste lucrări imense de transformare a naturii pe întinderi atât de vaste vor avea consecinţe foarte importante.

Liniile de navigaţie fluvială vor atinge o lungime de 8 000 km legând Oceanul Inghetat cu Marea Caspică şi vor putea valorifica peste 5 milioane km² de taigă, transportându-se anual 600—700 milioane m³ cherestea din imensele păduri siberiene în regiunile fără păduri; producţia de peşte se va mări cu 25 000 tone anual; prin crearea de lacuri şi mări interioare pe un traseu atât de lung, se vor produce modificări climatice sensibile, iar prin irigaţia proiectată se vor fertiliza vaste regiuni.

Am redat pe larg acest proiect pentru a arăta scara la care se poate realiza valorificarea resurselor hidroenergetice ale fluviilor din Siberia.

Ele arată grăitor perspectivele de desvoltare a energeticei sovietice în viitorul apropiat.

Bibliografie

1. *I. V. Stalin*: „Probleme economice ale socialismului în U.R.S.S.", Editura pentru literatura politică, 1952, p. 44.
   — „Privire asupra desvoltării hidroenergeticei sovietice până la marile construcţii ale comunismului", Energetica Nr. 4/1953.
2. *A. N. Vinter* şi *A. B. Marchin*: Perspectivele energeticei sovietice, Vestnic Academii Nauc, S. S. S. R. Nr. 11/1952.
3. *A. N. Vinter*: „Energetica Sovietică", Editura Academiei R.P.R., 1950.
4. *B. Popovschi*: „Măreţele lucrări hidroelectrice din U.R.S.S, prevestitoare ale comunismului", Electricitatea Nr. 2/1951.

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academeiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească, în general, 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, citeț, pe ambele exemplare.
In mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografii; numărul lor să fie însă numai cel strict necesar înțelegerii textului.
Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9 × 12 cm.
Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, care să cuprindă neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu ce menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână cu cerneală și oarte citeț. Indicii să fie scrișI mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și cellalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeț, numele și pronumele complect, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon, spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie, precum și domiciliul și circumscripția financiară pentru a li se putea remite drepturile de autor.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolelor și a desenelor se face potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POȘTALE DELA ORAȘE ȘI SATE, PRIN FACTORI POȘTALI, PRIN PROPAGANDIȘTI, PRECUM ȘI LA SECȚIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

Tarif pentru întreprinderi LEI 96 anual

„ *pentru muncitori, tehnicieni, ingineri* LEI 30 „

AU APĂRUT IN:

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

Min. Poştelor şi Telecomunicaţiilor: **Curs de aparate şi instalaţii telefonice** . . . . . 176 pag. 13,96 lei

M. V. Maximov: **Dispozitive de telemăsurat** (traducere din limba rusă) . . . . . 72 „ 1 „

G. I. Babat: **Electricitatea în acţiune** (traducere din limba rusă) . . . . . 400 „ 17,20 „

V. P. Sennitchi: **Elemente galvanice construite de amatori** (traducere din limba rusă) . . . . . 88 „ 1,24 „

M. M. Epanesnicov şi N. V. Socolov: **Iluminatul electric** (traducere din limba rusă) . . . . . 234 „ 11,56 „

B. I. Lugovscoi: **Iluminatul fluorescent** (traducere din limba rusă) . . . . . 104 „ 5,56 „

A. S. Gorscov: **Indicii tehnico-economici din centralele termoelectrice** (traducere din limba rusă) 420 „ 30,43 „

P. G. Chiselev: **Indreptar pentru calcule hidraulice** (traducere din limba rusă) . . . . . 632 „ 39,25 „

A. M. Comarov şi V. V. Lucnitchi: **Indreptar pentru termotehnicienii centralelor electrice** (traducere din limba rusă) . . . . . 452 „ 26,55 „

Serv. de Presă al Oficiului de Invenţii din Budapesta: **Inovaţii din domeniul industriei electrotehnice** (traducere din limba maghiară) . . . . . 240 „ 10,45 „

V. N. Costocichin: **Instalaţii de tiraj aspirat şi refulat din centralele electrice. Ventilatori** (traducere din limba rusă) . . . . . 308 „ 17,08 „

D. A. Conasinschi şi I. I. Turlaghin: **Introducerea în tehnica ultrafrecvenţelor** (traducere din limba rusă) . . . . . 120 „ 6,71 „

I. L. Caganov: **Mutatori electronici şi ionici** (traducere din limba rusă) . . . . . 522 „ 40,75 „

E 2040

REFERALVA

Institut. de Documentare Tehnică
BUCUREŞTI
ОБМЕН - ÉCHANGE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - ?

KAT

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Országos Műszaki Könyvtár
BUDAPEST

11

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

1953

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

APARE LUNAR SUB INGRIJIREA UNUI COMITET DE REDACŢIE

Anul I · Nr. 11 Noembrie 1953

CUPRINSUL

Pag.

C. Partenі Antoni: Consideraţii asupra problemei supratensiunilor la transformatori 1

S. Eigeles: Procedee moderne pentru reglarea turaţiei la motoarele electrice 7

Edm. Nicolau: Paraziţii radiofonici, produşi de instalaţiile electrice şi combaterea lor 17

I. Dobrev şi *V. Ivaşcu:* Arderea porţelanului electrotehnic şi concepţii noi în construcţia cuptoarelor rotunde care funcţionează cu gaz metan . . 27

A. Berman: Tehnica uscării industriale cu radiaţii infraroşii 37

Activitatea Institutului de Studii Româno-Sovietic al Academiei R.P.R. în sprijinul electrotehnicienilor din ţara noastră 46

DOCUMENTARE 47

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

К. Партени Антони: Замечания по вопросу о перенапряжениях в трансформаторах 1

С. Айгелес: Современные способы регулирования оборотов электродвигателей 7

Э. Николау: Радиопомехи от электроустановок и борьба с ними 17

И. Добрев и *В. Ивашку:* Обжиг электротехнического фарфора и новое в конструкции круглых печей работающих на природном газе 27

А. Берман: Техника промышленной сушки инфракрасными излучениями 37

Деятельность Румынско-Советского Института Исследований Академии Р.Н.Р. в помощ электротехникам нашей страны 46

ДОКУМЕНТАЦИЯ 47

REDACŢIA: Bucureşti, B-dul 1848 Nr. 10
Raionul Tudor Vladimirescu
Telefon: 30730 — 35728

CONSIDERAŢII ASUPRA PROBLEMEI SUPRATENSIUNILOR LA TRANSFORMATORI

953 Elm 5/15
LEFORDITVA
Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

(Din lucrările Institutului de Energetică al Academiei R.P.R.)

Prof. Ing. C. PARTENI ANTONI

In acest articol, autorul expune cauzele principale care pot produce supratensiuni în transformatori, insistând asupra celor de origine atmosferică. Se arată pe scurt efectele produse asupra înfăşurărilor şi mijloacelor de protejare prin inel de gardă, construcţia protejată, anti-rezonantă şi coordonarea izolamentului. Se explică apoi că încercările obişnuite la care sunt supuşi transformatorii nu pot da indicaţiuni asupra a o serie de defecte constructive şi a comportării la aplicarea supratensiunilor, impunându-se şi probe cu unde de şoc.

1. Liniile de transport de energie electrică, ca şi maşinile legate de aceste linii, sunt supuse adeseori la accidente datorite supratensiunilor.

Acestea pot proveni:

— din cauze exterioare reţelei, cum sunt descărcările produse de electricitatea atmosferică;

— din cauza unor accidente, ca o punere la pământ a unei faze, ori o atingere între două faze;

— la închiderea sau deschiderea unui circuit.

Supratensiunile de natură atmosferică produc, în genere, unde aperiodice, peste care se suprapun adeseori oscilaţii de înaltă frecvenţă, de ordinul $10^4 \ldots 10^5$ Hz. Amplitudinea acestor unde este limitată de izolamentul liniei, care nu este perfect. Amortizarea lor se face, în general, în intervale de ordinul a câtorva μs sau zeci de μs şi foarte rar a sutelor de μs. Aceste unde au un front destul de drept şi sunt cu atât mai periculoase pentru maşinile întâlnite în cale, cu cât izolamentul liniei este mai bun, cu cât distanţa de la locul de producere la maşină este mai mică şi cu cât amortizarea este mai redusă.

Supratensiunile datorite celorlalte două cazuri sunt, în general, limitate la de câteva ori tensiunea normală, încât acestea nu sunt periculoase, fapt ce se constată şi din statisticele făcute asupra avariilor datorite acestor cauze.

2. Dacă un conductor neîncărcat este pus brusc în legătură cu o sursă de energie electrică la o tensiune U, se va produce o undă electrică. Se defineşte impedanţa de undă sau impedanţa caracteristică:

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

în care L şi C reprezintă respectiv inductanţa şi capacitatea pe unitatea de lungime. La cablurile subterane, Z variază între 40 şi 50 ohmi, la liniile aeriene între 450 şi 800 ohmi, la maşinile electrice poate varia în limite foarte largi, dela 200 la câteva mii de ohmi.

3. Infăşurarea unui transformator poate fi asimilată cu o succesiune de n bobini (fig. 1), prezentând fiecare o inductanţă proprie L, o capacitate C_s între spire, o capacitate C_p în raport cu masa, o rezistenţă R şi un cuplaj electromagnetic M_{nm} între bobini. Mai este necesar o introducere a rezistenţei r pentru a ţine seamă de pierderile în fier, după cum au arătat Carasev şi Gaganov [1].

Această schemă echivalentă este completă, însă implică calcule foarte grele dacă ne propunem să urmărim repartiţia potenţialului în lungul bobinajului unui transformator când pătrunde o undă mobilă.

Ca să simplificăm calculele, se neglijează rezistenţele R şi r şi inductanţa mutuală M. Bobinajul de înaltă tensiune a transformatorului are o schemă echivalentă, care poate fi asimilată cu un lanţ de cvadripoli.

Presupunem că o undă mobilă pătrunde brusc în transformator. Infăşurarea fiind inductivă,

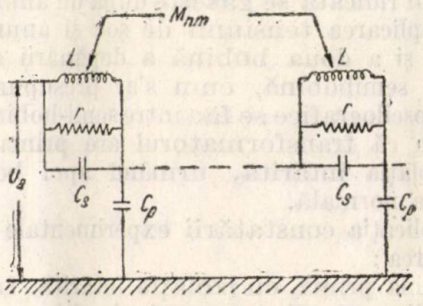


Fig. 1. Schema echivalentă a unui transformator.

urmează că un curent nu se poate stabili în mod instantaneu. In primul moment curenţii vor circula numai prin capacităţile C_s şi C_p, deci schema echivalentă va fi reprezentată printr'un lanţ de capacităţi, inductanţele neintervenind. După un anumit interval de timp intervine efectul inductanţelor, modificându-se starea iniţială.

Este important să se cunoască repartiţiile iniţială şi finală a potenţialului în lungul înfăşurărilor, căci acestea ne vor da posibilitatea să apreciem importanţa solicitărilor electrice asupra bobinajului în lungul său.

Admitem că unda mobilă care vine asupra transformatorului are un front vertical şi o coadă infinit de lungă. Socotind maşina ca un lanţ de capacităţi, iar neutrul izolat, vom putea scrie tensiunea iniţială, pentru $t = 0$ într'un element situat la distanţa x de capătul înfăşurării, exprimată în fracţiuni din lungimea totală 1 prin relaţia [2]:

$$U_x = \frac{\cos h\, vx}{\cos h\, v} U$$

în care: U este tensiunea de front a undei mobile;

$$v = \sqrt{\frac{C_p}{C_s}}.$$

Dacă neutrul este pus la pământ vom avea aceeaşi relaţie, însă în sin h în loc de cos h.

Ca să avem solicitarea bobinajului, vom calcula gradientul la potenţial $\frac{d U_x}{dx}$. Se constată că acesta este maximum la intrarea în bobină pentru $t = 0$, că depinde numai de coeficientul v şi este independent de modul de tratare a neutrului.

Se poate deasemeni urmări repartiţia tensiunii în bobinaj după anumite intervale de timp, servindu-ne de relaţia teoretică indicată mai înainte.

Pe de altă parte, utilizând oscilograful catodic, putem ridica experimental curbele care arată repartiţia potenţialului în lungul bobinajului, după anumite intervale de timp (variind între 0,7 şi 10 μs).

Comparând curbele deduse pe cale teoretică şi experimentală, constatăm deosebiri esenţiale. Aceasta nu-i de mirare, având în vedere aproximaţiile făcute pentru a ajunge la relaţia simplă a lui U_x.

Cercetările experimentale arată că tensiunea cea mai ridicată se găseşte după un anumit timp dela aplicarea tensiunii de şoc şi anume între prima şi a doua bobină a depănării şi nu în prima semibobină, cum s'ar presupune. (Măsurile oscilografice se fac între semi-bobini). Menţionăm că transformatorul are prima bobină cu izolaţia întărită, urmând apoi bobini cu izolaţia normală.

Explicaţia constatării experimentale este următoarea:

Bobina primă, cu izolaţie întărită, trebue să aibă dimensiunile generale la fel ca a bobinelor cu izolaţie normală. Din această cauză prima bobină va avea un număr de spire mai mic decât acea care urmează. Deci inductanţa proprie, care variază cu patratul numărului de spire, va fi mai mică. Capacitatea în raport cu pământul rămâne aceeaşi. Rezultă că impedanţa de undă $Z_1 = \sqrt{\frac{L_1}{C}}$ este mai mică pentru prima bobină. Insemnând cu Z_2 impedanţa de undă pentru a doua bobină, la joncţiunea cu prima vom avea $Z_2 > Z_1$, adică va fi un salt brusc al impedanţei şi o creştere a tensiunii transmise. Coeficientul de supratensiune transversală prin refracţie este dat de relaţia:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{2 Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

în care U_1 este tensiunea undei incidente şi U_2 a undei transmise. Intrucât $Z_2 > Z_1$, rezultă că $U_2 > U_1$. In acelaşi punct vom avea şi o undă reflectată U_1', care în condiţiile de impedanţă fixate va fi pozitivă.

Diferenţa de grosime a izolaţiei aduce o modificare a capacităţii între spire şi anume o scădere, dar în orice caz inegalitatea $Z_2 > Z_1$ rămâne adevărată. Scăderea capacităţii înseamnă însă o solicitare sporită a izolaţiei.

Rezultă din cele expuse, că întărirea izolaţiei la una sau mai multe bobini dela intrarea în transformator are ca urmare creşterea în amplitudine a undei de tensiune ce pătrunde în maşină la prima bobină normală. Este logic să conchidem că, pentru a rezista în cât mai bune condiţii la supratensiuni, este necesar ca toate bobinele înfăşurării să aibă aceleaşi dimensiuni. Din motive economice nu putem, însă, să izolăm toate bobinele în mod egal cu prima.

Din cele arătate trebue să mai tragem o concluzie. Având în vedere consideraţii teoretice şi rezultate experimentale, se deduce că o regiune foarte vulnerabilă a unei înfăşurări la unde de şoc este şi între bobini şi nu numai între spire, aşa cum mulţi consideră actualmente.

Este deci necesar să evităm variaţia impedanţei de undă între diversele bobini şi în acest scop va trebui să menţinem constantă inductanţa, adică numărul de spire. Gradientul de potenţial este, însă, mai mare în primele bobini şi deci acestea trebue să aibă o izolaţie mai bună. Socotim, că am putea satisface aceste două cerinţi dacă prima bobină va avea o izolaţie de calitate superioară, aşa încât să reziste la o tensiune mai importantă pentru aceeaşi grosime ca izolaţia bobinelor ce urmează; astfel numărul de spire va fi acelaşi în toate bobinele înfăşurării şi deci impedanţa de undă nu va mai avea variaţiile, care am văzut că produc supratensiuni locale.

4. Pătrunderea unei unde de şoc în transformator implică o anumită distribuţie de tensiune în lungul bobinajului, care după un anumit interval de timp se modifică ajungând la un regim permanent. Trecerea tensiunii dela regimul iniţial, care este regimul tranzitor la acel final se face printr'o serie de oscilaţii.

Infăşurările transformatorului, având compunerea din figura 1, constitue sisteme care pot oscila liber şi pot deci intra în rezonanţă cu surse exterioare, cum ar fi supratensiunile. Oscilaţiile libere depind de modul de tratare a nulului. In orice caz transformatorul posedă o frecvenţă proprie, care depinde de montajul înfăşurărilor de înaltă şi joasă tensiune, cum şi de gradul de încărcare.

Prizele de reglaj aşezate la extremităţile înfăşurărilor constitue circuite care pot să oscileze liber şi să intre în rezonanţă pentru anumite frecvenţe. In caz de supratensiuni ele pot fi avariate, chiar dacă nu sunt în circuit.

Oscilaţiile între starea iniţială *1* şi cea finală *2* (fig. 2) sunt indicate în oarecare măsură prin suprafaţa haşurată. Importanţa acestor oscilaţii va fi cu atât mai redusă cu cât repartiţiile iniţială şi finală vor fi mai apropiate. Se urmăreşte ca repartiţia iniţială să se apropie cât mai mult de forma liniară.

5. Plecând dela aceste consideraţiuni, protecţia transformatorului se poate face pe două principii:

a) întărirea izolamentului, ţinând seamă de tensiunile locale, adică de o repartiţie neuniformă în lungul bobinajului;

b) construcția antirezonantă [3], în care se urmărește o repartiție uniformă în lungul bobinajului, a tensiunii ce pătrunde astfel că repartițiile inițială și finală să fie practic confundate.

Prima concepție a fost cercetată și s'a văzut la ce rezultate duce și care este posibilitatea de ameliorare prin utilizarea unei izolații de calitate superioară, ca astfel să evităm supratensiuni locale.

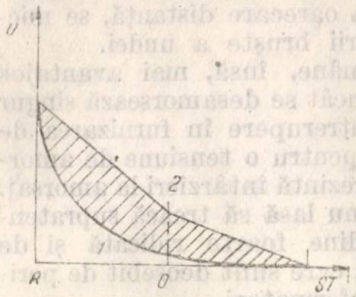


Fig. 2. Repartiția inițială și finală într'un transformator cu nulul izolat.

Concepția antirezonantă se realizează în practică prin derivarea unui număr de capacități la bornele bobinelor, ca astfel să se modifice distribuția capacităților atât între spire, cât și în raport cu masa.

In ambele cazuri supratensiunile rămân periculoase dacă durata lor se prelungește prea mult. Intr'adevăr în acest caz este posibil să se depășească întârzierea la străpungere a uleiului și deci să se amorseze un arc între bobini sau la masă.

Transformatorii antirezonanți sunt mai costisitori și necesită o complicație destul de serioasă ca execuție. Industria sovietică a adoptat construcția transformatorilor protejați, (sau ecranați), mai simplă ca execuție și cu rezultate foarte bune ca protecție. In acest sistem se pun inele metalice izolate în jurul numai a unei porțiuni a bobinajului în spre borna de eșire și spre neutru. Inelele fiind convenabil studiate se realizează o distribuție impusă pentru capacități și deci pentru potențial în lungul bobinajului.

Intr'un sistem analog se așează un „ecran electrostatic", dispus ca un clopot în jurul unui număr de bobini dinspre borna de eșire. Se ajunge la același rezultat de a se modifica distribuția capacităților. O execuție sovietică de acest fel este arătată în figura 3 [4].

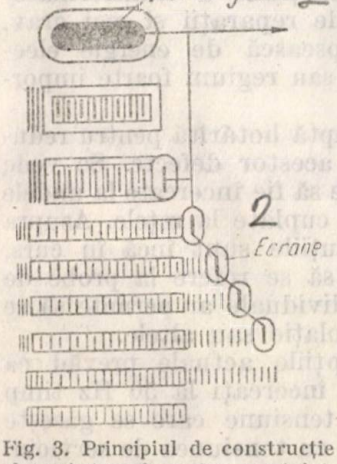


Fig. 3. Principiul de construcție al unui transformator protejat.

Un mijloc simplu cu ajutorul căruia se poate realiza o îmbunătățire a distribuției inițiale a potențialului undei de șoc în lungul unei înfășurări, constă în utilizarea unui inel de gardă. In paralel cu prima bobină se pune un inel din material conductor, dar nemagnetic; acesta trebue să fie întrerupt căci altfel ar constitui o spiră închisă. Nu este necesar ca inelul să fie din material masiv; el poate fi făcut și dintr'un material izolant, care apoi este metalizat sau înfășurat cu o bandă metalică. Inelul este izolat pentru aceeași tensiune ca și prima bobină a transformatorului.

Unda de tensiune care ajunge la transformator, întâlnește prima bobină, în paralel cu inelul. In total avem o capacitate mai mare, căci intervine și capacitatea inelului. Cum cantitatea de electricitate transportată este aceeași, urmează că vom avea o tensiune mai scăzută, conform relației fundamentale $Q = CE$.

Ca să ne dăm seama de modul de repartizare a tensiunii în lungul bobinajului, când pătrunde o undă de tensiune, pentru diferite construcții se ridică curbele din figura 4. Se ia tensiunea în funcție de numărul de spire. Curba *1* arată repartiția de tensiune pentru o construcție normală; curba *2* ne dă aceeași repartiție dacă se adaugă un inel de gardă la ambele extremități, iar curba *3* este pentru un transformator antirezonant.

Tensiunea aplicată primei bobini reprezintă 40% din tensiunea totală în construcția nor-

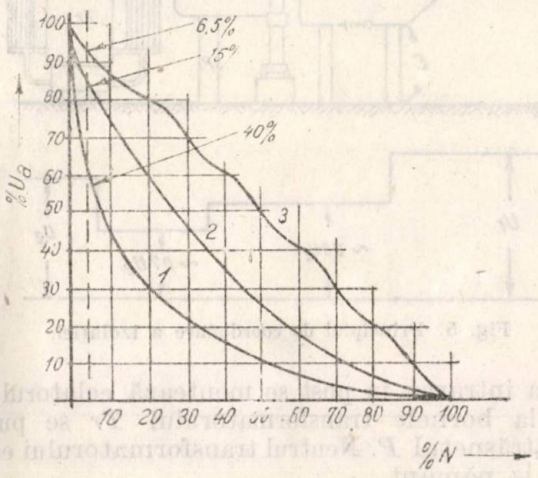


Fig. 4. Repartiția tensiunii în lungul bobinajului la un transformator:
1 – construcție normală; *2* – cu inel de gardă; *3* – transformator antirezonant

mală; 15% dacă se adaugă inelul de gardă și numai 6,5% în cazul că recurgem la construcția antirezonantă. Construcția protejată se situiază între ultimele două.

Deși soluția construcției antirezonante este cea mai bună, din punctul de vedere care ne interesează, totuși se utilizează mai rar, căci prezintă greutăți în construcție, ceeace duce la preț de cost prea ridicat. Cele mai avantajoase soluții rămân inelul de gardă și construcția protejată, de multe ori utilizate și împreună.

6. Un alt principiu de protejare a transformatorului, constă în aplicarea metodei de „coordonare a izolației".

Supratensiunile de origină atmosferică pot avea uneori valori foarte ridicate. Nu ne putem gândi să construim transformatori, care să reziste la astfel de tensiuni, căci ar fi prea costisitori. Totuși este necesar să găsim o metodă prin care să-i putem apăra în contra distrugerilor provocate de descărcările atmosferice.

Soluția este de a prevedea diverse nivele de izolament, așa fel încât descărcările să se producă acolo unde pagubele ar fi mai mici și perturbările în exploatare mai reduse.

Descărcările directe produc unde mobile cu frontul vertical și cu o creștere de tensiune până la 5 kV/μs.

Organizarea protecției trebue să țină seamă de timpul în care se face descărcarea. In adevăr, este necesar ca timpul de descărcare a aparatelor de protecție (paratrăsnete, eclatoare, etc.) să fie mai mic decât timpul de străpungere a izolației respective [5].

Intărirea continuă a izolației la bobinele de extremitate nu-i suficientă, întrucât se constată că tot este străpunsă, încât trebue să recurgem la o coordonare a izolației, care se face în felul următor (fig. 5).

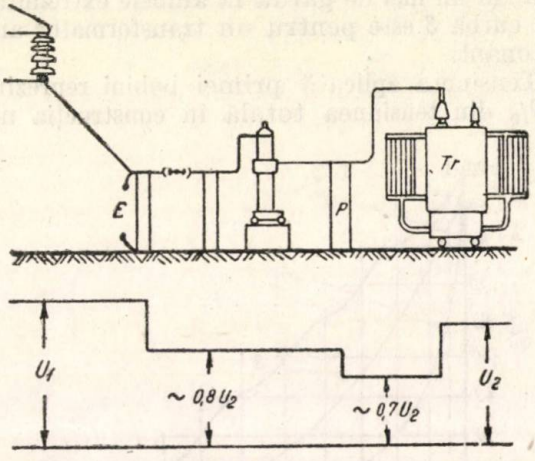


Fig. 5. Principiul de coordonare a izolației.

La intrarea în post se montează eclatorul *E*, iar la bornele transformatorului *Tr* se pune paratrăsnetul *P*. Neutrul transformatorului este pus la pământ.

Se adoptă în general, trei nivele de izolație :

— izolația internă cu nivelul cel mai ridicat cum ar fi izolațiile lichide și solide din interiorul transformatorului ; presupunem că acesta este izolat pentru o tensiune de șoc U_2 ;

— izolația mijlocie, care se ia circa 80% din nivelul precedent, adică 0,8 U_2, se aplică izolațiilor exterioare, de pildă pentru conturnarea izolatorilor sau la distanțele disruptive ale eclatorilor de siguranță ;

— izolația inferioară, reprezintă nivelul cel mai scăzut și se ia circa 85% din nivelul precedent, adică 0,7 U_2. Acest nivel se aplică paratrăsnetelor, adică dispozitivelor de protecție, care avem interes să intervină primele în cazul unei descărcări care ar fi să pătrundă în transformator. Adăugăm că cifrele date mai sus nu sunt absolute, ele putând varia în funcție de materialele utilizate.

Paratrăsnetul nivelează unda, amplitudinea fiind menținută aproape uniform un timp oarecare ; eclatorul taie unda în mod brusc, reducând amplitudinea la zero într'un timp foarte scurt. Este necesar ca paratrăsnetul să aibă o caracteristică tensiune-timp cu valori inferioare față de curba similară a transformatorului și cu un coeficient de siguranță de circa 25%.

Un eclator montat chiar la bornele transformatorului va produce un gradient de potențial foarte periculos. Dacă este montat la intrarea în post, adică la oarecare distanță, se micșorează efectul tăierii bruște a undei.

Paratrăsnetul rămâne, însă, mai avantajos decât eclatorul, întrucât se desamorsează singur fără a produce o întrerupere în furnizarea de energie, se reglează pentru o tensiune de amorsaj mai mică și nu prezintă întârzieri la amorsaj. Contrar eclatorului nu lasă să treacă supratensiunile de amplitudine foarte ridicată și de foarte scurtă durată, care sunt deosebit de periculoase pentru transformatori.

7. Concepția actuală, în ce privește comportarea unui transformator la unde de șoc, este că el trebue astfel calculat și construit, încât să reziste în funcționare la astfel de unde.

Izolația va trebui deci aleasă și dimensionată încât să nu se ajungă la străpungeri. Va fi necesar să se țină seamă de faptul că izolația fiind supusă la eforturi mai mari obosește și cu timpul se adaugă fenomenul de îmbătrânire ceeace-i reduce posibilitatea de a rezista ca în prima fază.

Plecând dela ideia enunțată mai înainte că, mașina trebue să reziste la unde de șoc, se pune în mod logic întrebarea, cum putem să ne asigurăm de aceasta, înainte ca transformatorul să fie utilizat în practică. Desigur că răspunsul nu poate fi decât că anumite încercări în legătură cu unde de șoc sunt necesare pentru a ne da seama cum se va comporta mașina în astfel de împrejurări.

Transformatorii sunt supuși în orice țară la unele probe obligatorii ; între aceste probe nu figurează, însă, încercările în unde de șoc, care uneori sunt numai recomandate.

Deteriorările produse de undele de șoc necesită scoaterea din funcțiune a transformatorului, deci cheltueli de reparații și mai grav, uneori putând să lipsească de energie electrică anumite puncte sau regiuni foarte importante.

Se impune deci o luptă hotărîtă pentru reducerea la minimum a acestor defecte. Se vede necesitatea ca mașinile să fie încercate la undele de șoc înainte de a fi cuplate la rețele. Asupra acestei chestiuni discuțiile sunt încă în curs. Incercările ar trebui să se refere la probe de tip, iar verificările individuale ar permite să se observe defecte de izolație sau altele.

Se știe că prescripțiile actuale prevăd ca transformatorii să fie încercați la 50 Hz timp de un minut sub o tensiune care se găsește într'un anumit raport cu tensiunea de serviciu.

In timpul acestei încercări este posibil să se producă o străpungere, însoțită de carbonizarea izolației și care nu mai permite reaplicarea tensiunii de probă și atunci mașina este respinsă. Se poate, însă, ca străpungerea să nu prezinte gravitatea de mai înainte și transformatorul

să suporte o nouă probă ; aceasta ar da impresia că nu s'a produs nimic deosebit în dielectric şi deci maşina va fi admisă. Aparent izolaţia şi-a menţinut proprietăţile, dar ea păstrează amintirea eforturilor la care a fost supusă şi prima supratensiune care eventual i s'ar aplica, chiar de mai mică importanţă, va scoate transformatorul din serviciu.

Prin urmare, metodele actuale de încercare nu ne pot informa asupra stării izolaţiei. Aceasta este heterogenă, cuprinzând bumbac, lacuri izolante, hârtie, bule gazoase, etc. Supusă la gradiente de potenţial ridicate, care nu dau străpungeri, se vor produce ionizări locale la fel cu egretele sau fenomenul corona în aer. Pe cale experimentală s'au putut deduce valorile tensiunii la care se produc aceste fenomene. S'a observat deasemenea că ele apar pentru valori mai reduse ale tensiunii la transformatorii care au funcţionat un timp oarecare, ceeace permite să deducem oboseala materialului izolant în timp. Toate aceste observări nu se pot face prin încercarea obişnuită, ci este necesar să recurgem la înregistrări speciale cu ajutorul oscilografului, întrucât proba la 50 Hz indică că maşina este în perfectă stare. Tot prin încercări speciale se poate urmări influenţa diverselor metode de impregnare (sub vid, prin uscare la etuvă, etc.) asupra izolaţiei în prezenţa uleiului. Este necesar ca tensiunea cea mai ridicată a transformatorului să fie mai mică decât tensiunea care produce primele efluvii în izolaţie.

Se susţine că aplicarea chiar a unei tensiuni de 2,5 *U* ar duce la slăbirea izolaţiei şi deci maşina va rezista mai greu la supratensiunile la care va fi eventual supusă ulterior. Opinia aceasta o socotim neîntemeiată, căci este necesar ca un transformator introdus pe o reţea să prezinte toate garanţiile de bună funcţionare. Astfel, ionizarea ocluziunilor gazoase, ca efect a supunerii la supratensiuni repetate va duce la străpungerea izolaţiei după un oarecare timp, când maşina este în serviciu, în loc să se fi observat defectul chiar din fabrică prin încercări speciale şi să se fi reparat pe loc.

Prin urmare, încercările actuale la 50 Hz nu sunt concludente în a pune în evidenţă unele defecte pe care le-ar avea un transformator şi modul cum el se va comporta când va fi supus la o undă de şoc.

Este necesar, deci, ca transformatorii să fie supuşi la probe care să permită a deduce modul cum vor rezista când, în utilizare, vor fi supuşi la supratensiuni produse de descărcări atmosferice. Aceasta se impune cu atât mai mult, cu cât transformatorii actuali se construesc pentru a rezista la unde de şoc.

Incercările în unde de şoc se fac aplicând transformatorului unde normale şi tăiate de anumite forme şi tensiuni (nu este cazul a intra în prea multe detalii). Se înregistrează la oscilograful catodic tensiunea şi curentul care circulă spre pământ. Concomitent se urmăreşte atent dacă nu se aud sgomote, dacă nu se produce fum sau degajări de gaze. Cu ajutorul oscilogramelor se pot observa diferite defecte ale transformatorului : străpungeri la pământ sau într'un punct al bobinajului, defecte pe porţiuni mai restrânse sau mai mari ale depănării, dacă s'a produs un arc sau este o simplă ionizare locală.

Producerea unui arc, adică perforarea izolaţiei între doi conductori, introduce oscilaţii de foarte înaltă frecvenţă şi o deformare a curbelor între două măsuri de tensiuni diferite. Scurtcircuitarea chiar a numai 0,2 % din totalul spirelor modifică în mod vizibil curbele de tensiune şi curent.

Nu este încă un acord stabilit asupra probelor la care trebue supus transformatorul pentru a ne da seama cum se comportă la unde de şoc. Trebue să se stabilească la ce tensiuni să fie supus, forma undelor de aplicat, dacă să fie normale sau tăiate, dacă în timpul încercărilor circuitul magnetic să fie excitat sau nu la frecvenţa industrială, etc.

Ca să ne dăm seama de importanţa acestor încercări, citâm următoarea experienţă. Un transsformator de foarte înaltă tensiune a fost supus la încercări în unde de şoc cu tensiuni din ce în ce mai mari, până ce oscilogramele au indicat o străpungere a izolaţiei. După aceasta maşina a fost supusă la probele obişnuite, indicate de prescripţii, la 50 Hz. Aceste probe au arătat că transformatorul ar fi bun. Procedându se la demontare s'au găsit mai multe perforări interioare între bobini. Este un exemplu concludent, care arată cât este de necesar a se introduce noi metode în încercările transformatorilor. Dacă ne-am fi bizuit numai pe probele actuale, transformatorul arătat mai sus ar fi fost trimis în utilizare şi la cea mai mică supratensiune ar fi fost scos din funcţiune.

Este adevărat că încercările cu unde de şoc pot produce o oboseală a izolaţiei, dar în schimb este o metodă sigură care poate da indicaţiuni exacte în ce priveşte comportarea transformatorului faţă de astfel de unde, precum şi asupra unor defecte interne.

Un alt dispozitiv pentru încercarea maşinilor este generatorul de şoc cu repetiţie. In acest sistem înalta tensiune este înlocuită cu o tensiune mai scăzută. Metoda este interesantă, căci poate da o serie de informaţiuni asupra transformatorului supus încercării, afară de oboseala izolaţiei, întrucât se lucrează la o tensiune mai redusă.

Eventualele accidente în transformator pot fi descoperite cu ajutorul sondei electro-acustice, care este introdusă în ulei. Metoda se bazează pe faptul că orice descărcare electrică într'un transformator cu ulei este însoţită de unde acustice şi de unde de presiune. Se produc fenomene hidro-dinamice, care pot fi transformate în impulsuri electrice ; acestea la rândul lor se amplifică şi apoi se pot urmări cu ajutorul unui aparat cu lectură directă sau cu ajutorul unui oscilograf. Metoda este foarte sensibilă, înregistrându-se cele mai mici mişcări

ale uleiului. Oscilograful permite să se observe dacă s'a produs sau nu o amorsare prin ulei, chiar dacă intervalul coboară până la 0,1 mm grosime. Existența amorsajului se manifestă pe oscilogramă prin oscilații suprapuse de înaltă frecvență. Indicatorul de descărcări parțiale [6] permițând semnalarea defectelor de izolație, cum ar fi ocluziunile gazoase și altele, pot fi de important ajutor în cercetarea mașinilor de tensiune ridicată fie în curs de fabricație, fie când sunt terminate.

8. Industria noastră electrotehnică deși tânără, și-a pus problema de a construi transformatori care să reziste la undele de șoc. Din punct de vedere constructiv, întreprinderile noastre de mașini electrice au adoptat soluțiile obișnuite în această chestiune. O primă măsură este de a se întări izolația la bobinele de extremitate reducându-se degresiv spre centrul bobinajului. După cum s'a arătat la paragraful 3, această soluție deși foarte răspândită, ar trebui modificată în sensul ca în locul păstrării aceleiași calități de izolație și a întăririi ei, să se introducă la bobinele de extremitate o calitate superioară de izolație, păstrându-se în schimb aceeași grosime ca la toate celelalte bobine. In felul acesta se vor evita multe din accidentele care se produc acum din cauza supratensiunii. S'a introdus inelul de gardă la transformatorii cu tensiuni ridicate, ceeace constitue un element de protecție foarte serios și desigur cu bune urmări din punct de vedere al exploatării. La transformatorii de puteri mari și tensiuni foarte înalte se va adopta sistemul de construcție sovietic, introducându-se ecranele de protecție în jurul bobinajelor către ambele extremități. Astfel, se va putea realiza o cât mai justă repartiție a undelor ce pătrund în transformator și se va reduce pericolul de străpungere a izolației în caz de supratensiuni.

Metoda de coordonare a izolamentului este mai puțin răspândită în centralele și substațiile noastre; socotim că acest sistem de protecție a transformatorilor este foarte eficace și ar fi necesar să se aplice pe o scară cât mai întinsă. In privința așezării prizelor de reglaj (paragraful 4) întreprinderile noastre de mașini electrice au adoptat soluția justă, plasându-le în general la mijlocul înfășurărilor și nu la extremități. O deficiență serioasă în munca constructivă a fabricilor noastre o constitue lipsa unui laborator în care să se producă unde de șoc sub înaltă tensiune. Această lipsă trebue cât mai urgent remediată, pentruca specialiștii noștrii în domeniul transformatorilor să poată face studiile necesare, cum și încercări pe mașinile construite.

9. In această expunere am arătat pe scurt cauzele supratensiunilor în transformatori, concepțiile actuale în ce privește construcția acestor mașini din punct de vedere al rezistenței la unde de șoc. S'a arătat apoi că încercările obișnuite nu pot pune în evidență o serie de defecte pe care le-ar avea transformatorul din punct de vedere constructiv și deasemenea nu ne poate furniza nicio informație cu privire la comportarea la unde de șoc. Reiese necesitatea de a se face încercări cu unde de șoc, singurele care pot arăta cum se va comporta izolația în cazul supratensiunilor reale.

Pentru descoperirea diverselor defecte se poate utiliza generatorul de șoc cu repetiție sau sonda electroacustică.

Bibliografie

[1] *Carasev* și *Gaganov*: Propagarea undelor în înfășurările mașinilor electrice, Electricestvo, Nr. 4/1949, pag. 3-12.

[2] *Piotrovschi L. M.*: Mașini electrice, vol. I, cap. XXI, traducere, Timișoara, 1951.
Bulgacov N. I.: Calculul transformatorilor, Ed. Tehnică, cap. IV.

[3] *Sirotinschi I.*: Tehnica tensiunilor înalte, Moscova, 1945, 1951, cap. VI.
Carasev V. A.: La protection des transformateurs contre les surtensions au moyen d'une compensation partielle capacitive, CIGRE, 1935. Raport Nr. 121, 44 pag.

[4] *Sapojnicov A. V.*: Construcția transformatorilor, Moscova 1947, planșa 7.

[5] *Zaleschi A. M.* și *Zingherman A. S.*: Cercetarea rigidității dielectrice la impuls a izolației mașinilor electrice, Electricestvo, Nr. 2/1949, pag. 9—15.

[6] *Lâsacovschi G. I.* și *Soloviev M. G.*: Întrebuințarea indicatorului de descărcări parțiale pentru încercarea izolației mașinilor la tensiune mare, El. Stantii, Nr. 6/1945, pag. 11.

★

ЗАМЕЧАНИЯ ПО ВОПРОСУ О ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯХ В ТРАНСФОРМАТОРАХ

Резюме

В настоящей статье автор излагает главные причины могущие привести к перенапряжениям в трансформаторах, подчеркивая перенапряжения атмосферного происхождения. Кратко указываетс их действие на обмотки и защитные меры: защитное кольцо защищеную конструкцию — антирезонансную и согласов анную изоляцию. Далее разъясняется что обычные испытания которым подвергаются трансформаторы не могут дать указаний о существовании ряда конструктивных дефектов и поведении при наложении перенапряжений, будучи необходимы и импульсные испытания.

PROCEDEE MODERNE PENTRU REGLAREA TURAȚIEI LA MOTOARELE ELECTRICE

Ing. S. EIGELES

In articol se descriu pe scurt principiile fundamentale ale sistemelor de reglare a motoarelor de curent continuu și alternativ, precum și procedeele folosite în general pentru reglarea vitezei de rotație. Se arată stadiul actual al desvoltării procedeelor de reglare a vitezei în ceeace privește gama de reglaj și finețea reglajului, de menținerea constantă a unei viteze dorite, precum și a automatizării reglajului.

In industria modernă există un mare număr de mecanisme producătoare care lucrează cu diferite viteze variabile: mașini-unelte prelucrătoare de metale, laminoare metalurgice, mașini de ridicat, instalații de transport, mecanisme ale industriei hârtiei, cărbunelui, textile și altele. Cel puțin 35% din puterea totală a motoarelor electrice industriale funcționează cu viteză variabilă.

Prin reglarea vitezei se înțelege variația forțată a vitezei acționării electrice în funcție de cerințele procesului tehnologic. Noțiunea de reglare a vitezei nu trebue însă confundată cu variația naturală a vitezei provocată de variația sarcinii.

Reglarea vitezei se realizează printr'o acțiune suplimentară asupra motorului de acționare sau asupra sistemului de transmisie către mecanismul de producție. Această acțiune poate fi efectuată de muncitor sau prin automate speciale.

Nu este însă suficient să se obțină numai o gamă *) largă de reglaj. Sunt numeroase cazuri când este necesar ca o viteză odată ajustată să rămână constantă, independent de celelalte mărimi care variază: tensiune, frecvență, cuplu, putere. Este deci vorba de un proces complex, care trebue reglat prin reglarea unei serii de procese simple complexe.

Problema reglării vitezei are o importanță deosebită pentru economia socialistă, unde se cere nu numai o producție cât mai mare, dar și o calitate cât mai bună. Rezolvarea acestei probleme trebue să se facă pe baza realizărilor tehnicii celei mai moderne și cu mijloacele cele mai economice.

Tehnica sovietică a acționării electrice a atins un nivel deosebit de înalt. Desvoltarea ei actuală este orientată către următoarele obiective:

1) lărgirea gamei de puteri dela electromotoare de putere foarte mică la puteri de zeci de mii kW;

2) apropierea continuă a motorului de mecanismul acționat;

3) lărgirea gamei de reglaj de la câteva rot/min la 100 000 rot/min și mai mult.

Lărgirea gamei de viteze permite o simplificare însemnată a construcției mașinilor de lucru, mărirea productivității și a preciziei de execuție.

Crearea noilor aparate electrice pentru comanda motoarelor, a noilor tipuri de regulatori automați, duce la desvoltarea automatizării acționărilor electrice. Crearea noilor procedee de comandă, reglare și control automat, construirea unor acționări electrice automate și automatizarea complexă a mecanismelor au ca rezultat ridicarea considerabilă a productivității muncii.

Pentru a putea aprecia această uriașă desvoltare a tehnicii este necesar să se cunoască nu numai procedeele folosite în general pentru reglarea vitezei de rotație, dar și principiile fundamentale ale sistemelor de reglare a motoarelor de curent continuu și alternativ.

Plecând de la aceste principii, ne propunem să arătăm stadiul actual al desvoltării procedeelor de reglare a vitezei, în ceeace privește gama de reglaj și finețea reglajului*), de menținerea constantă a unei viteze dorite, precum și a automatizării reglajului.

1. **Electromotoare de curent continuu.** Se cunoaște ecuația:

$$n = k \frac{U - I_i R_i}{\Phi}$$

unde:

n este viteza de rotație a motorului în rot/min;
U — tensiunea aplicată;
I_i — curentul în indus;
R_i — rezistența indusului;
Φ — fluxul magnetic al fiecărui pol;
k — constantă care depinde de construcția motorului.

Această relație, bazată pe câteva presupuneri simplificatoare, servește ca bază pentru a înțelege reglarea vitezei de rotație la motoarele de curent continuu.

Viteza poate fi reglată pe următoarele căi:

a) prin variația fluxului de excitație (Φ) cu ajutorul unui reostat montat în circuitul câmpului: *reglarea prin câmp*;

b) prin variația rezistenței indusului (R_i) cu ajutorul unui reostat în circuitul indusului: *reglarea prin rezistență*;

c) prin variația tensiunii aplicată indusului (U) prin sisteme speciale: *reglarea prin tensiune.*

*) Prin gamă de reglaj se înțelege raportul dintre viteza maximă și viteza minimă a motorului reglabil $G = \frac{n_{max}}{n_{min}}$

*) Prin finețea reglajului se înțelege raportul turațiilor motorului reglabil pe două trepte vecine $\varphi = \frac{n_{k+1}}{n_k}$, adică valoarea saltului de viteză care are loc la trecerea dela o viteză la alta. Finețea reglajului pune în evidență caracterul lin al reglajului.

Electromotorul — derivație. Rezultatul micșorării intensității câmpului magnetic (respectiv a fluxului de excitație) prin introducerea unei rezistențe în circuitul de excitație al motorului - derivație se vede din diagrama din figura 1, *A*.

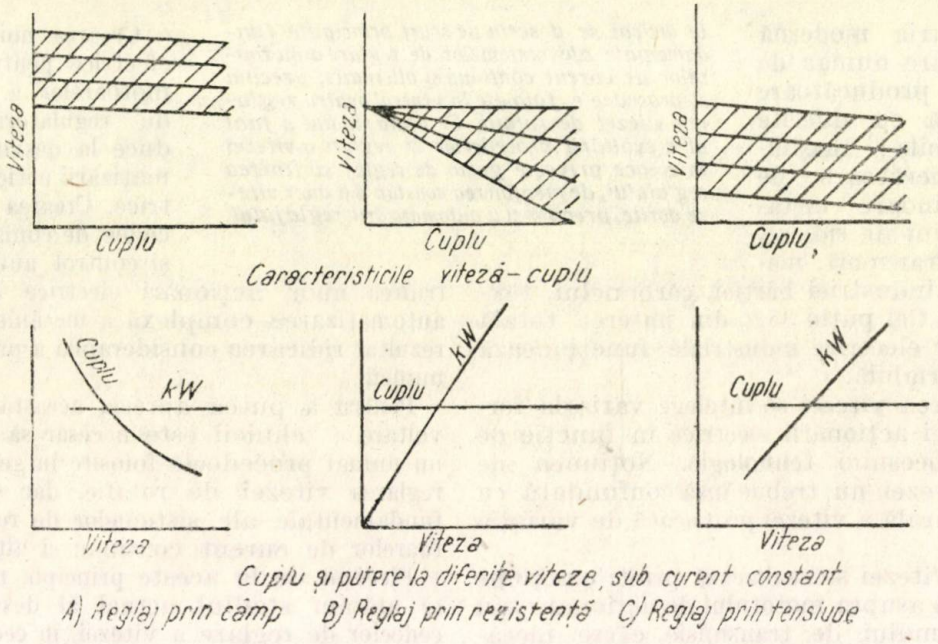


Fig. 1. Motoarele electrice derivație sau cu excitație independentă.

Această diagramă reprezintă caracteristica mecanică viteză-cuplu și vitezele care se pot obține, precum și caracteristicile cuplu-viteză și putere-viteză, în cazul când curentul absorbit de motor este constant. Se pot obține toate vitezele din aria haşurată.

Acest procedeu foarte economic este cel mai folosit pentru obținerea unei game de reglare până la 3 : 1, în unele cazuri chiar 5 : 1. La o slăbire prea mare a câmpului, funcționarea motorului devine nestabilă. Se poate obține un caracter perfect lin al reglării, deoarece rezistențele de reglare sunt introduse într'un circuit de putere mică, ele putând fi executate cu un număr mare de trepte.

Procedeul reglării prin fluxul de excitație este ideal pentru acționările cu putere constantă. Puterea pe care motorul o poate furniza în regim de durată cu viteze de rotație superioare vitezei nominale este constantă ($P = M\omega =$ const.). Cuplul scade când viteza crește.

Dacă la turația maximă este necesar același cuplu ca la turația nominală, secțiunea conductorilor indusului trebue mărită, pentru a corespunde curentului mai mare absorbit de motor. In consecință, este necesar să se aleagă un tip mai mare de motor, deoarece mărimea motorului este caracterizată de puterea maximă și de viteza de rotație minimă necesitate.

Prin introducerea de rezistențe în circuitul indusului se poate obține numai o micșorare a vitezei de rotație (fig. 1,*B*). Cu cât rezistența circuitului indusului este mai mare, cu atât turația motorului devine mai mică la același cuplu. Orice schimbare a cuplului distruge caracteristica de viteză constantă a motorului-derivație. Procedeul se poate aplica numai în cazul reglării cu cuplu constant.

Pierderile în rezistențe fiind mari, metoda este neeconomică. Din această cauză reglarea prin rezistențe este rar folosită, numai la motoare mici sau pentru dispozitive de acționare de tip ventilator (cuplul variază proporțional cu pătratul vitezei).

Când este necesară o gamă mai mare de reglaj, precum și un reglaj mai fin al turației, se folosește metoda de variație a tensiunii aplicată indusului (fig. 1, *C*). Acest procedeu de reglaj se poate folosi numai la funcționarea cu cuplu constant și putere variabilă.

Schema simplificată de conexiuni este reprezentată în figura 2. Grupul motor-generator

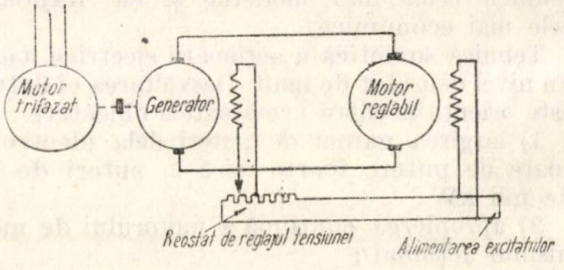


Fig. 2. Reglarea vitezei prin variația tensiunii.

este compus dintr'un electromotor trifazat acționând un generator de curent continuu. Indusul motorului reglabil (cu excitație independentă) este alimentat direct de generatorul grupului cu o tensiune variabilă pe o scară largă, obținută prin variația curentului de excitație a generatorului. Inversând sensul excitației

generatorului, se inversează și sensul de rotație a motorului reglabil.

Gama obișnuită de reglaj este de 10 : 1, în cazuri speciale chiar 20 : 1. Procedeul poate fi combinat și cu variația excitației electromotorului, astfel că o parte din gama de viteze, de obicei cea inferioară vitezei de bază, se obține prin reglarea tensiunii, iar gama superioară, prin reglarea excitației la tensiune constantă. In felul acesta, gama totală de reglaj este de 30 : 1 până la 40 : 1.

In ultimul timp, aplicarea regulatorilor electro-mecanici a mărit gama de reglaj chiar peste 120 : 1.

Sistemul de reglare prin tensiune este foarte întrebuințat la reglarea vitezei laminoarelor mari

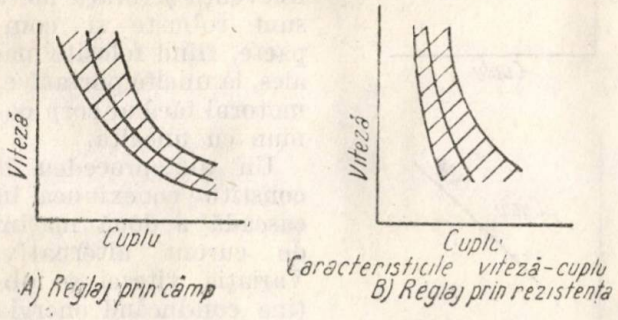


Fig. 3. Motor electric serie.

reversibile, în care caz se folosește și un dispozitiv de egalizarea sarcinii, pentru a evita repercutarea șocurilor de sarcină asupra rețelei trifazate. Un volant montat între motorul trifazat și generator joacă rolul de egalizator de sarcină; variațiile de turație la vârfurile de sarcină sau la sarcină redusă pentru intervenția volantului sunt provocate printr'o rezistență, regulator de alunecare sau printr'un regulator hidraulic.

O variantă a sistemului motor-generator o constitue grupul survoltor, al cărui generator este conectat în serie cu indusul motorului reglabil; variind sau inversând câmpul generatorului, tensiunea lui variază și este folosită la mărirea sau micșorarea tensiunii de alimentare a motorului reglabil.

O altă variantă a reglării tensiunii, folosită mult în ultimii ani, mai ales pentru echipamente de putere mijlocie, o reprezintă redresorul cu mercur, ca sursă de alimentare cu tensiune variabilă. Acționând asupra grilei redresorului, tensiunea redresată poate varia dela zero la maxim. Sistemul lucrează cu randament mare, prezintă însă desavantajul că nu poate înmagazina energie ca sistemul motor-generator. In afară de aceasta, la viteze joase, factorul de putere este redus.

Cu toate acestea, pentru multe aplicații, alimentarea și reglarea prin redresor prezintă avantajii considerabile, redresorul fiind un aparat static, care necesită îngrijire puțină și spațiu redus.

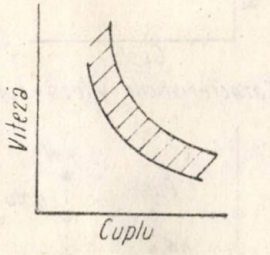
Electromotorul-serie. Procedeele descrise mai sus, care se aplică motoarelor-derivație, compund și cu excitație independentă, se aplică și motoarelor-serie.

In cazul motorului-serie curentul este același în excitație și în indus. Posibilitățile de reglare prin câmp sunt limitate, deoarece micșorarea prea mare a câmpului provoacă greutăți.

Reglarea prin variația rezistenței circuitului indusului este, ca și în cazul motorului-derivație neeconomică și nu se întrebuințează la puteri mari.

Reglarea prin variația tensiunii aplicată motorului este folosită uneori, numai în cazul când mecanismul executor este acționat de mai multe motoare (tracțiune electrică).

Credem necesar să menționăm la încheerea acestui capitol și sistemul de funcționare sub curent constant, care permite obținerea unui cuplu maxim când motorul este calat ($n = 0$), sistem folosit la acționarea troliilor de vapoare, cabestane, escavatoare și drage.



La acest procedeu, un generator de curent constant, cu excitație specială, furnizează curent constant, independent de sarcină, unui număr de motoare conectate în serie. Se obține astfel o gamă de reglaj a vitezei, cuplul maxim fiind la viteza zero (fig. 4).

2. **Electromotoare de curent alternativ.** Toate motoarele electrice de curent alternativ fără colector sunt mașini cu o singură viteză de rotație, deoarece câmpul învârtitor se rotește cu viteza sincronă

$$n_0 = \frac{60 f}{p}.$$

Ca urmare, reglarea vitezei motorului simplu asincron este mult mai dificilă decât la motorul de curent continuu.

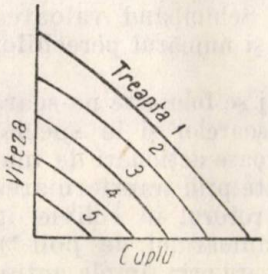


Fig. 4. Motor cu intensitate constantă

Reglarea vitezei poate fi însă realizată prin diferite procedee, deoarece viteza motorului depinde de alunecare, frecvență și număr de poli. Aceste procedee sunt: introducerea unei rezistențe în circuitul rotorului, schimbarea numărului de poli, variația frecvenței curentului de alimentare, conectarea în cascadă a motorului asincron cu alte mașini.

Cea mai întrebuințată metodă este aceea a măririi alunecării prin introducerea unei rezistențe în circuitul rotorului. Din figura 5, *A* rezultă că viteza de rotație poate fi reglată numai în sensul micșorării ei. O reglare deasupra vitezei de sincronism nu este posibilă.

La turațiile mici, o variație mică a cuplului are ca urmare o variație mare a vitezei, funcționarea devenind nestabilă. In plus, se risipește în reostat o cantitate mare de energie. Pentru a nu lucra prea neeconomic, procedeul nu poate fi folosit în cazul unui regim de funcționare de durată decât pentru o reducere a turației cu 10...15%.

Ca și în cazul motoarelor-derivație de curent continuu, face excepție acționarea ventilatoa-

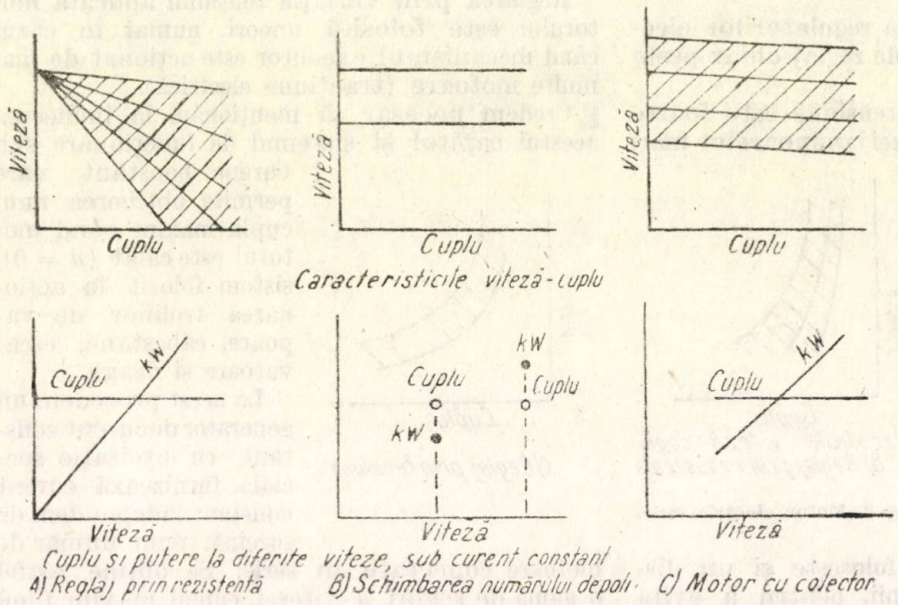


Fig. 5. Motoare de curent alternativ.

relor și pompelor centrifuge, la care cuplul rezistent variază cu pătratul vitezei și este deci foarte mic la viteze mici.

Acest procedeu de reglaj se mai întrebuințează la acționarea mecanismelor cu regim de funcționare de scurtă durată cu intermitențe, de exemplu la poduri rulante.

Prin schimbarea numărului de poli se pot obține 2...4 viteze de rotație fixe. La acest procedeu, fiecare fază a înfășurării este alcătuită din grupe deosebite, care pot fi legate în mod diferit între ele. Schimbând valoarea pasului polar, se schimbă și numărul perechilor de poli.

Acest procedeu de reglaj se folosește pe scară largă la acționarea ascensoarelor și în special a mașinilor unelte. Numeroase acționări de mașini unelte sunt modernizate prin transformarea motoarelor asincrone cu rotorul în colivie în motoare cu schimbarea numărului de poli *).

Există echipamente, la care prin simpla acționare a comutatorului se obține schimbarea numărului de poli și deci a vitezei de rotație în raportul 1 : 2, 1 : 2 : 3 sau 1 : 2 : 3 : 4.

Reglarea se poate face cu cuplu constant sau cu putere constantă (fig. 5, *B*).

Variația vitezei de rotație prin variația frecvenței tensiunii aplicate se folosește pentru a obține turații foarte înalte și reglabile la mașini unelte mici, dar mai ales pentru acționarea mașinilor unelte din industria lemnului, precum și pentru reducerea vitezei în industria metalurgică.

Sistemul necesită un convertizor special de frecvență acționat de un electromotor. Convertisorul poate alimenta una sau mai multe grupe de electromotoare asincrone lucrând în aceleași condiții de funcționare, de ex. instalațiile în grupe: role transportoare la laminoare, mașini textile, obținându-se o gamă de raglaj de 10 : 1...12 : 1.

Electromotoarele de frecvență și turație mare sunt robuste și compacte, fiind folosite mai ales, la unelte portative, motorul făcând corp comun cu unealta.

Un alt procedeu îl constitue conexiunea în cascadă a două mașini de curent alternativ. Variația vitezei se obține conducând energia de alunecare a motorului nr. 1 în motorul nr. 2, în loc de a o risipi în rezistență. Se obțin astfel 2...3 trepte de reglaj.

O variantă a acestui procedeu este sistemul Krämer. La acesta, motorul reglabil cuplat mecanic cu un motor de curent continuu, este contractat în cascadă cu un convertisor cu un singur indus (comutatoare). Se obține astfel un reglaj al turației pe o gamă largă. Procedeul fiind costisitor, este utilizat numai la motoare mari (laminoare lucrând cu volant).

Motoarele de curent alternativ cu colector întrunesc avantajul alimentării în curent alternativ — foarte comod în distribuție — cu calitățile prețioase ale motorului de curent continuu.

Statorul unui astfel de motor este la fel cu statorul unui motor de curent alternativ obișnuit, iar rotorul este înfășurat la fel ca acela al unui motor de curent continuu, fiind legat la colector. Motoarele de curent alternativ cu colector pot fi monofazate sau trifazate, iar înfășurările lor se conectează în serie sau în derivație.

Figura 6 reprezintă schema simplificată a unui motor alternativ trifazat cu colector, iar figura 5, *C*, curbele caracteristice de funcționare (caracteristica derivație).

Rotorul posedă pe lângă înfășurarea normală, alimentată de la rețea prin inelele colectoare, încă o înfășurare adițională „de reglare", legată cu colectorul. Infășurarea secundară este montată în crestăturile statorului.

Colectorul este echipat cu două rânduri de perii, câte un rând la fiecare capăt al înfășurării

*) „Culegere de material documentar din revistele sovietice", Editura Energetică de Stat, Iunie 1951.

statorice. Deplasând periile pe colector, tensiunea aplicată fiecărei faze variază, putând fi și inversată. Această tensiune este injectată statorului, ceeace are ca urmare trecerea motorului de la turația sincronă la turația care corespunde tensiunii finale din stator.

Reglajul prin deplasarea periilor este lin și continuu, factorul de putere ridicat, gama de reglaj largă, iar viteza este practic independentă de sarcină. Gama uzuală de reglaj este de

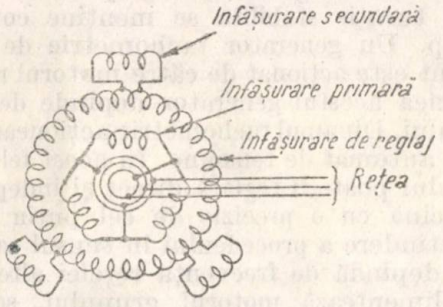


Fig. 6. Motor trifazat cu colector.

3 : 1 la cuplu constant. De exemplu, un motor cu 4 poli ($n_s = 1\,500$) poate fi reglat de la 2 250 la 750 rot/min. La motoare mici, reglajul turației până la zero este comun. Pentru motoare de peste 100 kW lărgirea gamei de reglaj este numai o problemă de investiție.

Reglarea turației se poate face direct de la motor sau chiar de la distanță. Posibilitatea de reglaj este limitată de numărul de volți pe lamelă de colector, ca urmare puterea motorului la care se mai poate realiza o comutare bună este, practic, de 220 kW.

Alt tip de motor alternativ cu colector este acela la care alimentarea se face prin stator și care are perii fixe. Energia de alunecare este înapoiată rețelei printr'un regulator de inducție, iar reglarea vitezei (cu caracteristica derivație) se face pe o gamă largă (3 : 1) prin variația tensiunii cu ajutorul regulatorului. Pentru game mari de reglaj sistemul cu perii mobile, descris mai sus, este superior, deoarece regulatorul de inducție necesită o răcire specială.

Motoarele alternative cu colector au un randament mult mai scăzut decât motoarele asincrone. Ele pretind o îngrijire mai atentă în exploatare din cauza colectorului și datorită condițiilor grele de comutare, au o funcționare mai puțin sigură. In afară de aceasta, prețul lor este mult mai ridicat. Din aceste motive, motoarele de curent alternativ cu colector sunt puțin răspândite.

Motoarele monofazate-serie sau cu repulsie pot fi deasemenea reglate, variind tensiunea aplicată, cu ajutorul unei rezistențe sau a unui transformator. Deocamdată însă, aplicarea în industrie este restrânsă.

3. **Comparație între diferitele tipuri de motoare electrice.** Tipurile de motoare și procedeele de reglare arătate până acum sunt cunoscute de multă vreme și bine introduse în practică, dând satisfacție în cele mai grele condiții.

Se pune însă întrebarea, care anume procedeu este mai bun pentru anumite cazuri particulare. Răspunsul nu este ușor de dat. Aceasta, deoarece pentru alegerea soluției optime nu ajunge să se considere numai avantajiile tehnice ale sistemului, ci trebue considerate cheltuelile de investiții, de exploatare, precum și gama de reglaj și finețea reglajului necesar.

Se poate face totuși o comparație generală între procedeele folosite în curent continuu și cele în curent alternativ.

Practica desvoltării construcției de mașini în U.R.S.S. a arătat că în multe cazuri, când trebue obținut un reglaj continuu și bun al vitezei, se folosește acționarea în curent continuu.

Intr'adevăr, motorul de curent continuu prezintă numeroase avantajii. Ușurința și precizia reglajului turației, gama întinsă ce se poate obține, repeziciunea cu care motorul răspunde cererii la sarcini variate, posibilitatea inversării sensului de rotație, caracteristica bună de cuplu, sunt în general superioare în curent continuu.

Frânarea dinamică, frânarea prin recuperare a energiei (acolo unde se poate aplica), se realizează pe căi mai simple în curent continuu.

Când se folosește pentru reglare un grup motor-generator, se pot echilibra pierderile prin transformare, folosind ca motor primar un motor sincron supraexcitat, cu ajutorul căruia se îmbunătățește totodată și factorul de putere al rețelei.

Un alt mare avantaj al motorului de curent continuu în cazul funcționării cu viteză variabilă, îl constitue în general faptul că în curent continuu se poate obține o finețe mai mare de reglaj. Acolo unde reglarea vitezei trebue executată după un anumit program mai vast, cheltuelile de investiții sunt chiar mai reduse în curent continuu.

Pentru toate aceste motive, motorul de curent continuu găsește și va găsi și în viitor o largă aplicare.

Sistemul modern de alimentare fiind însă cel alternativ trifazat, folosirea motorului de curent continuu în instalațiile de reglare este limitată de pierderile de energie la transformarea curentului alternativ în continuu, ca și de cheltuelile mari de investiții legate de această transformare.

Din aceste motive, motorul asincron, ieftin, simplu și economic în exploatare, vine în primul rând în considerație la folosirea în instalațiile de reglare.

Instalațiile de curent alternativ cu motoare asincrone sunt însă raționale din punct de vedere economic numai la anumite acționări, în particular numai unde pierderile de alunecare au o importanță mică (acționările la care cuplul variază cu pătratul vitezei).

Motoarele de curent alternativ cu colector sunt puțin folosite din cauza costului lor ridicat și calităților de exploatare slabe.

Motoarele sincrone sunt mult utilizate, însă numai în instalațiile industriale care nu necesită reglarea vitezei.

4. **Procedee moderne de reglarea vitezei.** In ultimii ani procedeele de reglare a vitezei la motoare electrice au luat o desvoltare foarte mare. Este, desigur imposibil, să se citeze aci toate procedeele utilizate astăzi. Vom arăta pe scurt cele mai caracteristice din ele, pentru a ne putea face o idee atât despre procedeele

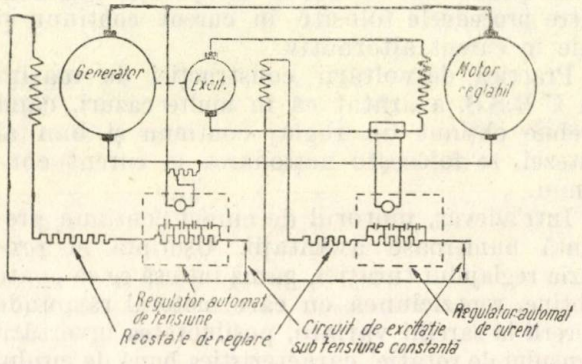


Fig. 7. Reglare prin tensiune, cu regulatoare automate.

folosite pentru a obține un reglaj sigur, precis și rapid, cât și despre domeniul lor întins de aplicare.

Fără îndoială că atunci când se cere un reglaj cu o gamă mare de turații, care reglaj să fie în același timp și precis, cel mai bun procedeu este cel prin reglarea tensiunii aplicată indusului, combinată, când este cazul, cu slăbirea câmpului.

Aparent, gama de reglaj și menținerea unei viteze anumite constantă în timp, depind de unele mărimi care nu sunt constante. In special, este cazul frecvenței tensiunii de alimentare a motorului grupului motor-generator și, în general, a temperaturii mașinilor. Trecerea curentului prin mașini provoacă o creștere considerabilă a temperaturii înfășurărilor și deci a rezistenței lor. Aceasta reduce valoarea intensității câmpului și ca urmare viteza reglată va fi diferită de aceea prestabilită, afară, bineînțeles, de cazul când mașinile au atins temperatura de regim.

Acest lucru nu este dorit în multe acționări industriale, cum ar fi cazul industriei de fabricat hârtie, a laminatelor, a echipamentelor de încercări fizice, unde se cere un reglaj de viteză rapid și foarte precis. S'au găsit diferite soluții la această problemă.

Figura 7 reprezintă una din soluții. Tensiunea aplicată motorului reglabil este menținută constantă cu ajutorul unui regulator automat de tensiune, care introduce în excitația generatorului grupului motor-generator numai rezistența necesară. Dacă frecvența rețelei de alimentare a motorului grupului nu variază anormal, acest procedeu menține turația motorului reglabil cu o precizie de cel puțin $\pm 1{,}5\%$*).

*) In fig. 7 și în cele următoare, motorul grupului motor-generator nu este reprezentat.

Acest procedeu poate fi adaptat fiecărui caz în parte, după nevoile speciale. Dacă, de exemplu, o anumită viteză de rotație a motorului trebue menținută constantă de la sarcina plină până la gol, există mijlocul de a compensa căderea de tensiune a indusului generatorului prin creșterea forței electromotoare, de exemplu, printr'un generator adițional a cărui tensiune crește în funcție de curentul motorului reglabil.

Figura 8 reprezintă schema unui alt procedeu care permite o gamă de reglaj mare, la care fiecare turație stabilită se menține constantă în timp. Un generator tachometric de curent constant este acționat de către motorul reglabil. Tensiunea acestui generator depinde de viteza motorului. Dinamul tachometric acționează regulatorul automat de tensiune. In acest fel, viteza motorului poate fi reglată direct și independent de sarcină cu o precizie de cel puțin $\pm 1\%$.

O extindere a procedeului în sensul ca viteza să nu depindă de frecvența rețelei alternative care alimentează motorul grupului, se poate obține prin controlul frecvenței. Motorul reglabil acționează un alternator tachometric (magnetou) care alimentează un mic motor sincron. Se compară viteza acestui motor cu un dispozitiv de orlogerie alimentat de la rețeaua alternativă. Orice variație a vitezei motorului reglabil inițiază un impuls de curent, care cu ajutorul unor relee acționează asupra câmpului generatorului.

Folosirea regulatoarelor automate pentru reglarea anumitor mărimi între limite prescrise, astfel ca valorile altor mărimi să fie menținute constante în timp, a găsit o largă aplicare.

5. **Mașina electrică de amplificare (MEA).** MEA (numită și amplidină sau metadină), folosită la început la tracțiunea electrică, a găsit în ultimii ani o largă aplicare în scopuri industriale, din cauza caracteristicilor ei excelente. MEA permite executarea de comenzi continui foarte precise, respectând strict graficul vitezelor și cuplurilor, efectuând foarte rapid operațiile.

MEA sunt generatori de curent continuu de dimensiuni și puteri mici. Tipurile cele mai răs-

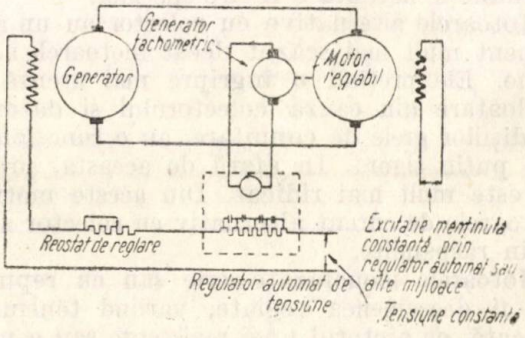


Fig. 8. Reglare prin tensiune, cu generator tachometric și regulator automat.

pândite sunt cu câmp transversal sau cu autoexcitație.

Vom descrie pe scurt principiul de funcționare al primului tip (fig. 9).

Generatorul este rotit cu viteză constantă de un motor electric. Pe colector se găsesc două perechi de perii : perechea *1—1,* scurtcircuitată, este așezată pe axa transversală, iar perechea *2—2* pe axa longitudinală. Statorul are una sau mai multe înfășurări de comandă I_{com} conectate în circuitul de comandă și o înfășurare

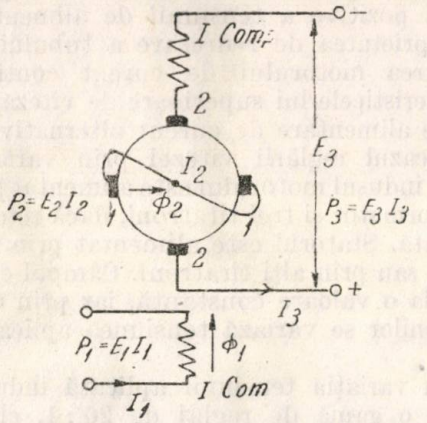


Fig. 9. Mașina electrică de amplificare (MEA).

de compensație I_{comp}, care compensează fluxul de reacție al indusului.

Dacă se aduce la înfășurarea de comandă I_{com}, conectată în circuitul de comandă o putere mică P_1, care produce fluxul Φ_1, îndreptat pe axa periilor *2—2,* atunci la rotirea indusului în acest câmp, va apare între periile *1—1* o mică f.e.m. E_2. Circuitul periilor *1—1* având o rezistență foarte mică, E_2 va produce un curent puternic I_2. La rândul lui, curentul I_2 va crea un flux magnetic intens Φ_2, îndreptat pe axa periilor *1—1.* Acest flux produce f.e.m. E_3 importantă la periile *2—2.* Inchizând circuitul acestor perii pe o înfășurare de comandă oarecare, se va crea în circuit curentul I_3.

In concluzie, în generator se produce o creștere a puterii dela P_1 la $P_2 = E_2 I_2$, care apoi se mărește la $P_3 = E_3 I_3$. Dacă fiecare treaptă mărește puterea de 100 ori, MEA va amplifica puterea de $100 \times 100 = 10\,000$ ori. Puterea de amplificare este deci foarte mare și ajunge la unele construcții de MEA la 20 000. Natural că această amplificare a puterii se obține dela motorul care acționează MEA.

Aplicând deci MEA impulsuri de putere foarte mici se poate obține o creștere importantă a puterii.

Aceste mașini sunt folosite pentru reglarea automată a diferitelor mărimi : tensiune, curent, viteză, cuplu, etc.

Un exemplu tipic de aplicare a MEA este reprezentat în figura 10. In acest exemplu, MEA are funcția de excitatoare și de regulator al tensiunii unui grup motor-generator. Se folosesc două înfășurări de câmp de sens opus. Primul câmp, de lucru (*1*) reprezintă precis valoarea mărimii care trebue reglată ; al doilea, câmpul de comandă (*2*) este excitat de un curent care depinde de valoarea „actuală" a mărimii care trebue reglată. Orice deviație a valorii mărimii care trebue controlată, față de valoare dorită, modifică excitația totală a MEA și deci tensiunea produsă de ea.

Cel mai însemnat avantaj al acestui procedeu este acela că, în timp ce reglajul se bazează pe *diferența* dintre valoarea a două câmpuri magnetice, curenții manipulați sunt foarte mici și, deci, reostatele de control sunt mici și ușoare iar reglajul are loc aproape fără inerție.

Procedeul din figura 10 este folosit pentru reglarea motorului pe principiul grupului motor-generator ; ca urmare viteza este menținută

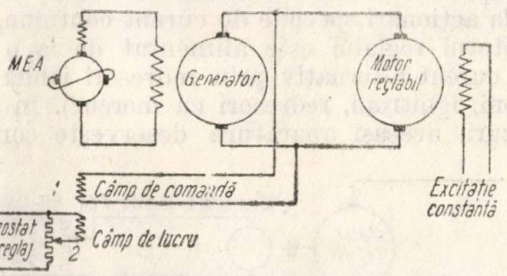


Fig. 10. Reglare prin tensiune, folosind MEA ca excitator.

constantă la sarcină constantă. Dacă este nevoie de un reglaj mai strâns, câmpul MEA poate fi alimentat de un generator tachometric acționat direct de motorul reglabil, ca în figura 11, pentru reglajul strict al vitezei, independent de sarcină.

Acest procedeu de reglare se folosește cu succes pentru a menține constantă viteza cablului la mașini de extracție, unde pot apare variații considerabile de sarcină, când în timp ce unul din cabluri se înfășoară pe tambur, celălalt coboară într'un puț adânc.

Aplicațiile principale ale reglării prin MEA sunt atât de numeroase, încât nu pot fi tratate

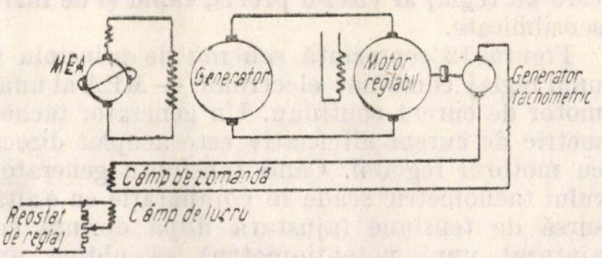


Fig. 11. Reglarea vitezei prin generator tachometric și MEA ca excitator.

toate aci. Ele se extind necontenit la laminoare, unde este necesar un reglaj delicat al vitezei.

In încheiere, menționăm cazul particular pe care îl constitue reglajul limitând sarcina, prin limitarea automată a vitezei motorului reglabil, pentru o valoare prescrisă a sarcinii, protejând astfel motorul de suprasarcini.

6. **Aplicații electronice-ionice.** Odată cu extinderea aplicării MEA pentru reglarea vitezei motoarelor electrice s'a desvoltat și reglarea electronic-ionică aplicată în industria grea.

După cum se știe, contactorii și releele nu declanșează instantaneu, ci cu un timp de

întârziere de câteva sutimi până la fracțiuni de secundă. Pentru un proces rapid de producție, acest desavantaj poate avea influență asupra productivității.

Acest desavantaj esențial al aparaturii cu relee și contactori a făcut ca în unele cazuri să se recurgă la aparatajul electronic-ionic (tuburi electronice, redresori ionici și electronici, fotorelee) care lucrează fără inerție. Aparatajul electronic-ionic dă și posibilitatea de a comanda puteri mari prin impulsuri de comandă de puteri mici.

Aparatura electronică-ionică este utilizată și la acționări speciale de curent continuu, când motorul reglabil este alimentat de la o rețea de curent alternativ prin redresori ionici (tiratroni, ignitroni, redresori cu mercur). In aceste cazuri, aceeași aparatură deservește comanda

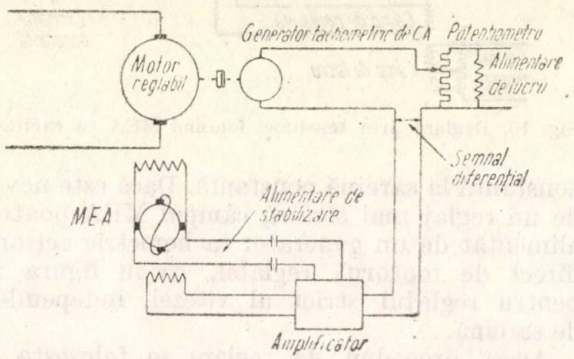


Fig. 12. Reglarea electrică a vitezei cu MEA ca excitator.

de pornire, frânare, reglarea vitezei și executarea unui anumit grafic de funcționare a acționării electrice.

Acționarea electronică-ionică se folosește azi pe o scară largă în numeroase cazuri unde se cere un reglaj al vitezei precis, rapid și de mare sensibilitate.

Figura 12 reprezintă schema de principiu a unui reglaj combinat electronic — MEA al unui motor de curent continuu. Un generator tachometric de curent alternativ este acuplat direct cu motorul reglabil. Când tensiunea generatorului tachometric scade în comparație cu o altă sursă de tensiune (ajustată după dorință cu ajutorul unui potențiometru) se obține un impuls de control care alimentează amplificatorul electronic. Impulsul amplificat este folosit pentru a excita câmpul variabil al MEA, care la rândul ei excită motorul reglabil. Pentru ca întreg sistemul să fie independent de variația tensiunii potențiometrului, aceeași sursă de tensiune se folosește și pentru excitarea tachogeneratorului. In acest fel, orice variație se reflectă în măsură egală în impulsul de comandă ca și în cel de lucru.

Prin acest procedeu se obține un reglaj al vitezei cu o precizie de cel puțin $\pm$ 0,25%, independent de sarcină, cu o gamă de reglaj largă și ușor de ajustat. Asemenea procedee de reglare se aplică intens în industrie, sunt sigure și eficace.

Redresorii ionici cu grilă (tiratroni, ignitroni, redresori cu vapori de mercur) sunt întrebuințați, deasemenea, cu mult succes.

Tiratronul este un tub cu catod cald, umplut cu vapori de mercur, care permite trecerea curentului numai într'un singur sens. Tubul este prevăzut cu o grilă de control, astfel că trecerea curentului poate fi controlată în timpul alternanței pozitive a tensiunii de alimentare.

Proprietatea de redresare a tubului permite utilizarea motorului de curent continuu, cu caracteristicele lui superioare de viteză, în rețelele de alimentare de curent alternativ.

In cazul reglării vitezei prin variația tensiunii, indusul motorului este alimentat printr'un transformator și trei tiratroni, dacă rețeaua este trifazată. Statorul este alimentat prin redresori cu arc sau prin alți tiratroni. Câmpul este menținut la o valoare constantă, iar prin controlul tiratronilor se variază tensiunea aplicată indusului.

Prin variația tensiunii aplicată indusului se obține o gamă de reglaj de 20 : 1, chiar mai mare, independent de variația sarcinii. Gama de reglaj poate fi chiar extinsă prin slăbirea câmpului.

Reglarea automată a vitezei se poate efectua după un program anumit, utilizând o MEA, ca în cazul schemei din figura 12. Impulsul diferențial, între tensiunea tacho-generatorului și tensiunea de lucru, este amplificat și folosit apoi pentru alimentarea grilei tiratronului.

Tiratronul având filament, durata lui de funcționare nu este atât de mare ca aceea a redresorului cu mercur. Prețul unui tub este însă relativ mic. Tiratronul este mult utilizat la acționarea mașinilor-unelte și textile.

In U.R.S.S. se utilizează pe o scară largă dispozitivul de acționare reglabil cu comandă prin tiratroni, dispozitiv numit „Elir" (regulator electronic-ionic).

Ca și în dispozitivele descrise mai sus, indusul motorului de curent continuu este alimentat de la o rețea trifazată prin intermediul a doi tiratroni. Circuitul grilei este comandat printr'un decalator de fază. Curentul de magnetizare al acestui decalator se reglează printr'o triodă obișnuită, iar potențialul de grilă al acestei triode printr'o a doua triodă, al cărei regim de funcționare depinde de tensiunea și curentul din indusul motorului reglabil.

Elirul utilizează pentru treptele de viteză joasă reglarea prin variația tensiunii aplicată indusului, iar pentru treptele de viteză înaltă variația tensiunii de excitație, obținută prin variația decalajului de fază dintre tensiunea de grilă și tensiunea anodică.

Viteza motorului de acționare se fixează anticipat printr'un reostat de comandă, apoi se menține automat, independent de sarcina motorului și de oscilațiile tensiunii rețelei trifazate de alimentare.

Se realizează astfel menținerea constantă a vitezei cu o precizie de 2...3%, cu o inerție foarte mică.

7. **Alte aplicații ale grupului motor-generator.** Am arătat pe scurt progresele principale realizate în reglarea vitezei motoarelor de curent continuu.

Vom arăta în cele de mai jos încă o caracteristică excelentă a procedeului de reglare în curent continuu, aplicat la reglarea simultană a vitezei unui grup de motoare electrice.

Uriașele cazane moderne de abur din centralele termoelectrice necesită un număr mare de servicii auxiliare. Cum viteza motoarelor electrice de acționare ale acestor diferite servicii este în funcție de sarcina cazanului, funcționarea automată a cazanelor de abur din centralele termoelectrice impune reglarea automată simultană a vitezei grupurilor de motoare din serviciile auxiliare.

Acționând un singur controler se obține reglarea simultană a vitezei motoarelor electrice care asigură funcționarea unui cazan, sau a unui grup de cazane, în funcție de cererea de abur.

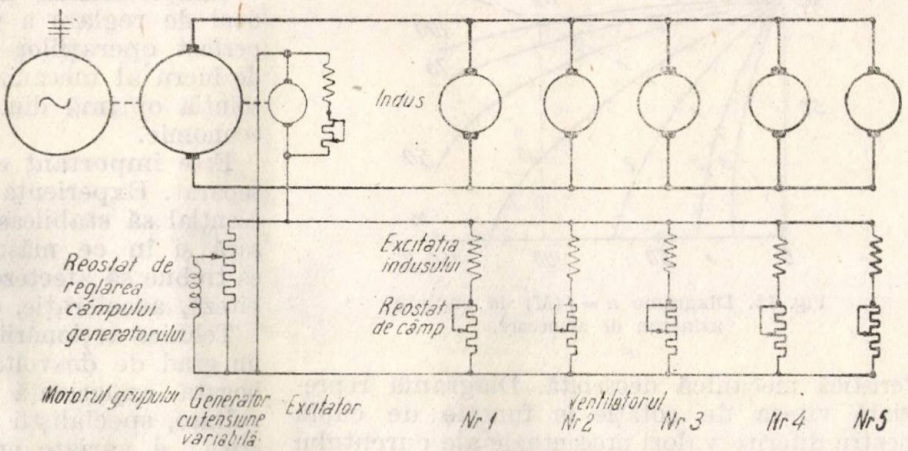


Fig. 13. Reglarea automată a vitezei unui grup de motoare electrice din serviciile auxiliare ale unui cazan de abur.

Acest rezultat se realizează prin folosirea motoarelor de curent continuu cu câmp constant, ai căror induși sunt alimentați de un generator cu tensiune variabilă. Coordonarea caracteristicilor viteză-tensiune se obține prin echiparea motoarelor cu un procedeu de reglaj adecuat, prin compoundare sau alte mijloace. Manipulând reostatul de câmp al generatorului se obține prin variația tensiunii de alimentare, variația vitezei motoarelor serviciilor auxiliare. Ajustând reostatul de câmp al fiecărui motor individual se realizează adaptarea întregului echipament condițiilor de variația sarcinii cazanului (fig. 13). Procedeul este sigur, manipulările simple, reglarea promptă, iar cheltuelile de investiții mai reduse în comparație cu alte procedee.

8. **Desvoltarea reglării vitezei în curent alternativ.** Datorită flexibilității lui și celorlalte însușiri, grupul motor-generator a găsit o vastă aplicație acolo unde se cere un reglaj precis în limite foarte largi. Cu toate acestea nici reglarea în curent alternativ nu a fost neglijată. S'au făcut progrese atât în ceeace privește procedeele de reglare cât și motorul de curent alternativ.

In cazul când se cere o reglare precisă a vitezei se poate folosi motorul trifazat cu colector. Ajustarea vitezei se obține prin compararea debitului unui generator tachometric cu o sursă de tensiune constantă. Impulsul rezultat este transmis prin relee unui servo-motor care comandă poziția periilor, deci viteza motorului reglabil. Acest procedeu se aplică în industria fabricării hârtiei. Diferitele variante ale legăturii în cascadă sunt folosite numai în cazuri cu totul speciale.

In ceeace privește motoarele asincrone individuale, s'au desvoltat tipuri interesante de motoare reglabile. Ca exemplu, citâm motorul de ascensor compus din două motoare cu ax comun : primul (cu 6 poli), având rotorul bobinat, servește pentru pornire, iar celălalt (cu 36 poli) cu rotorul în colivie servește pentru funcționare, viteza fiind reglată prin schimbarea numărului de poli. Prin acest sistem se mărește numărul de porniri pe oră. In ultimii ani a început să fie mult folosit cuplajul asincron de alunecare.

Acesta se compune din următoarele două părți principale : indusul, care este un rotor în colivie sau un miez masiv de oțel și inductorul, excitat în curent continuu.

Deobicei cuplajul are indusul în interior, în timp ce inductorul, cu poli aparenți, este în exterior. Există însă și cuplaje cu indus exterior și inductor interior.

Ambele părți ale cuplajului se rotesc, partea conducătoare (indus sau inductor) fiind cuplată cu motorul de acționare care funcționează cu viteză practic constantă, putând fi un motor asincron sau sincron (fig. 14).

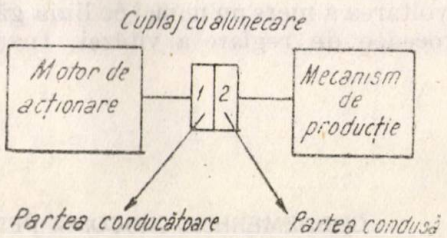


Fig. 14. Cuplaj asincron cu alunecare.

Partea condusă a cuplajului este cuplată cu mecanismul de producție, a cărui viteză trebue reglată.

In timpul rotirii, câmpul magnetic al inductorului străbate indusul; prin curenții de inducție produși se creează cuplul de rotire.

Dacă rezistența indusului este neînsemnată la sarcina nominală și la valoarea nominală a curentului de excitație, se obține o alunecare de 2...2,5%.

Cuplajul asincron de alunecare este de fapt un generator de curent alternativ funcționând în scurtcircuit.

Din figura 15 rezultă că fiecărei valori a curentului de excitație îi corespunde o caracteristică mecanică deosebită. Diagrama reprezintă viteza de rotație în funcție de cuplu pentru diferite valori procentuale ale curentului de excitație. Acest curent putând fi reglat destul de fin, rezultă că se poate obține un reglaj fin al vitezei.

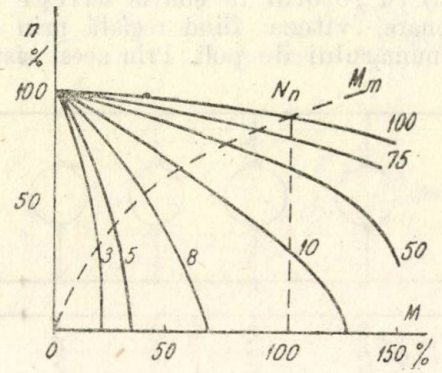


Fig. 15. Diagrama $n = f(M)$ la cuplajul asincron de alunecare.

Cuplajul de alunecare permite o gamă de reglaj destul de mare (10 : 1), cu comandă ușoară. El se aplică la puteri de la o zecime de kW până la mii de kW. Dispozitivul are desavantajul că puterea motorului de acționare este de două ori mai mare decât puterea necesară mecanismului de producție.

Concluzii. Spre deosebire de mijloacele mecanice de reglarea vitezei, procedeele electrice sunt vaste și variate.

In general, procedeele de reglare care s'au desvoltat, atât în curent continuu cât și în curent alternativ, se aplică pentru toate tipurile de viteză reglabilă (la putere constantă, la cuplu constant, la cuplu variabil cu pătratul vitezei).

Desvoltarea a mers nu numai pe linia găsirii de noi procedee de reglare a vitezei. Insuși motorul de acționare a fost perfecționat. In particular, noile materiale izolante cuprinzând compoziții de țesături și lacuri rezistând la temperaturi înalte, noile metode de impregnare au condus la înfășurări rezistând celor mai severe condiții de temperatură și climă.

Metodele moderne de protecție, deflagrante și antideflagrante, au fost atât de perfecționate, încât avem astăzi motoare electrice lucrând cu un grad înalt de siguranță în cele mai grele condiții în mine, exploatări petrolifere, oțelării, la escavatoare, etc.

Caracteristicile motorului electric și procedeul de reglare a vitezei pot fi adaptate azi perfect operațiilor tehnologice și programului de lucru al mecanismului acționat, prezentând soluția optimă din punct de vedere tehnic și economic.

Este important ca fiecare caz să fie tratat separat. Experiența proiectantului joacă un rol esențial să stabilească dacă reglarea este necesară și în ce măsură anume, respectiv dacă ea trebue să afecteze mai multe mărimi : cuplu, viteză, accelerație, etc.

Tehnica acționării electrice a atins în U.R.S.S. un grad de desvoltare nemaiîntâlnit. Aplicând bogata experiență sovietică în continuă desvoltare, specialiștii noștri pot rezolva cele mai grele și variate probleme de reglarea vitezei motoarelor electrice, contribuind prin automatizarea proceselor de producție și sporirea productivității la ieftenirea prețului de cost.

Tehnica acționării electrice, care reprezintă unul din cele mai frumoase și interesante domenii ale electrotehnicii practice, oferă tinerilor noștri ingineri și tehnicieni posibilități nebănuite de desvoltare și aplicare a talentului lor de inovatori pentru progresul tehnicii și construirea bazelor socialismului în țara noastră.

Bibliografie

Cilichin M. G.: Curs general de acționare electrică, Gosenergoizdat, 1952.

Morozov D. P.: Principiile de bază ale dispozitivelor electrice de acționare, Editura Tehnică, 1952.

Golovan A. T.: Dispozitivele electrice de acționare, Editura Energetică de Stat, 1952.

Rivlin L.B.: Motoarele electrice și exploatarea lor, Editura Energetică de Stat, 1953.

★

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОБОРОТОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Резюме

В статье кратко описываются основные принципы систем регулирования двигателей постоянного и переменного тока а также и вообще применяемые способы для регулирования числа оборотов.

Указывается современное положение развития способов регулирования скорости, что касается диапазона и плавности регулирования, поддержания постоянства заданной скорости, а также и автоматики регулирования.

PARAZIŢII RADIOFONICI PRODUŞI DE INSTALAŢIILE ELECTRICE ŞI COMBATEREA LOR

Prof. Ing. EDM. NICOLAU

In prima parte a articolului se arată rolul pe care îl au paraziţii radiofonici în limitarea posibilităţilor de a stabili radiocomunicaţii cu o anumită putere dată. Se arată apoi pe scurt care sunt principalele tipuri de paraziţi: atmosferici, cosmici, produşi de instalaţiile electrice, plus cei produşi în însăşi aparatul de recepţie datorită fluctuaţiei electronilor în conductori şi datorită suflului tuburilor electronice. Pentru a putea combate primele categorii de paraziţi, în special pe cei produşi de instalaţiile electrice — singura categorie asupra cărora se poate exercita o acţiune eficace, se arată modurile în care pătrund paraziţii în aparatele de recepţie. Mijloacele de combatere sunt de două categorii: unele care se aplică la receptor şi altele care se exercită chiar la sursa de paraziţi. In prima categorie intră de exemplu folosirea unei antene directive şi simetrizarea intrării în receptor. In a doua categorie — şi care trebue să fie cea căreia i se acordă importanţa cea mai mare, deoarece dacă n'ar fi paraziţi n'ar trebui nici să îi combatem — intră utilizarea filtrelor şi a ecranelor. Se dau abace care permit calcularea filtrelor şi alegerea pieselor şi a valorilor corespunzătoare. Deasemenea se dau abace pentru calcularea grosimii ecranelor. La ambele sisteme —filtre şi ecrane— se expun pe scurt principiile fizice de funcţionare. In ultima parte a articolului se arată modul în care se controlează eficacitatea deparazitării, prin măsurarea nivelului paraziţilor.

1. In anii regimului de democraţie populară, în ţara noastră reţeaua de staţii de radiodifuziune s'a extins considerabil, şi de asemenea numărul staţiilor de repcepţie a crescut cu mult. In calea unei bune audiţii radiofonice stau însă paraziţii. Scopul acestui articol este tocmai de a arăta care sunt principalele cauze de paraziţi, şi care sunt metodele de combatere a lor. Se va vedea astfel că prin metode relativ simple se poate obţine o reducere considerabilă a nivelului paraziţilor, şi implicit o îmbunătăţire în aceeaşi măsură a calităţii recepţiei. Această luptă împotriva paraziţilor nu poate fi dusă numai la staţia de recepţie, ci în primul rând la sursele de paraziţi, adică la diversele instalaţii electrice, care sunt principala cauză a paraziţilor. In ultima parte a articolului, se va arăta care sunt metodele de măsură a nivelului de paraziţi, deoarece astăzi acţiunea de combatere a paraziţilor se urmăreşte în mod ştiinţific, dispunând de mijloace precise de măsură.

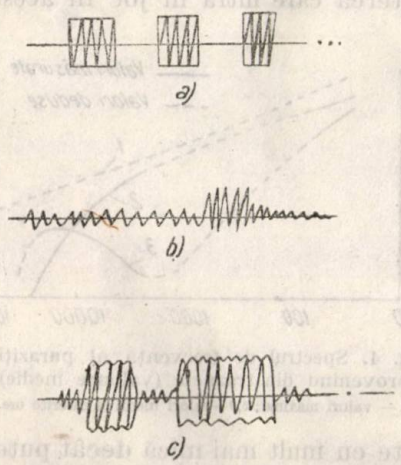


Fig. 1. Influenţa paraziţilor (*b*) asupra semnalelor telegrafice (*a*). In (*c*) rezultanta

2. Dacă nu ar exista paraziţii radiofonici, o radiolegătură s'ar putea face cu o putere mică şi la o distanţă oricât de mare, dacă s'ar dispune de un receptor suficient de sensibil şi având o amplificare suficient de mare. In realitate însă se constată că pentru a avea posibilitatea de a stabili o legătură dată, este nevoie de o anumită putere, care să asigure un anumit câmp în locul recepţiei, mai exact un anumit raport între semnal şi paraziţi. Aceasta deoarece paraziţii deformează semnalul şi nu se mai poate avea o comunicare în bune condiţii. In figura 1 se arată efectul paraziţilor asupra unei unde corespunzând unor semnale de telegrafie modulată. Se vede de aci că dacă raportul semnal/paraziţi este mic, semnalele telegrafice sunt deformate şi se pot naşte confuzii, anumite litere putând fi luate drept altele. Problema aceasta a raportului semnal/sgomot este o problemă importantă în telecomunicaţii. Pentru a fixa puţin ideile asupra importanţei acestui raport, se dă, după S. A. Neiman, un tabel de valorile minime admisibile ale raportului semnal/paraziţi, în cazul diferitelor tipuri de radiocomunicaţii :

Tipul radiolegăturii	Valoarea minimă a raportului semnal/paraziţi pentru o recepţie	
	abia satisfăcătoare	foarte bună
Telegrafiem recepţie în cască	1	2
Telegrafie rapidă	2	5
Teleimprimator	7	25
Fototelegrafie	2	5
Radiotelefonie comercială	4	30
Radiodifuziune	7	100

Apare clar de aci necesitatea de a vedea un raport semnal/paraziţii cât mai mare. Pentru a asigura însă un astfel de raport trebue în primul rând să se vadă cum se poate mări numărătorul, şi cum se poate micşora numitorul acestui raport. Evident, dacă staţia de emisie este construită, nu se poate face alt ceva decât să se caute a micşora numitorul, adică a reduce nivelul paraziţilor. Şi pentru aceasta se clasifică mai întâi paraziţii şi se va arăta care sunt acele categorii asupra cărora se poate acţiona.

3. O primă clasificare a paraziților se poate face după locul unde își au ei origina, în raport cu aparatul de radio recepție. Se va distinge astfel paraziti exteriori și paraziți interiori. Paraziții exteriori sunt și ei de trei tipuri :

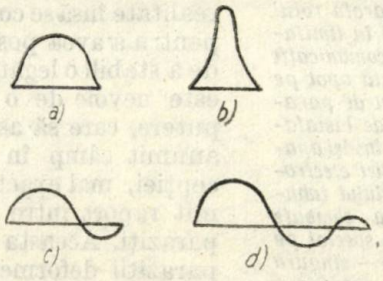


Fig. 2. Forma unor impulsuri electrice corespunzând unor trăznete.

paraziți atmosferici, paraziți cosmici și paraziți industriali. Paraziții interni provin din agitația termică și din suflul tuburilor electronice. Se vor analiza pe scurt diferitele tipuri de paraziți.

Paraziții atmosferici sunt produși de descărcările electrice atmosferice : trăznete, fulgere. Aceste descărcări electrice au caracterul unor

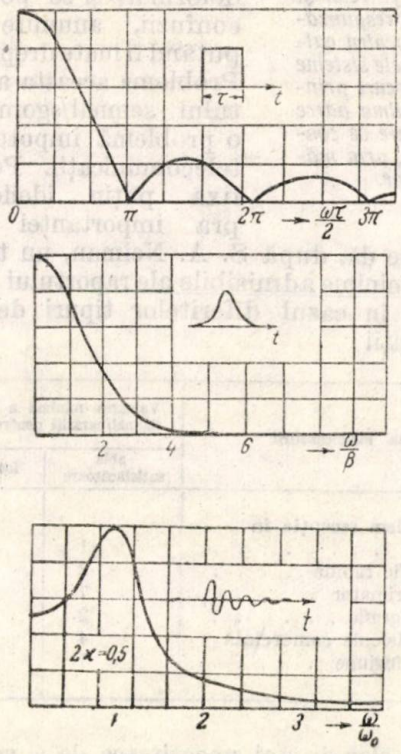


Fig. 3. Spectrul Fourier al diferitelor impulsuri.

impulsuri la care forma poate fi diferită, și la care durata este foarte scurtă. In figura 2 se arată modul de variație în timp a unor descărcări în trăznet. Se observă că toate au caracterul unor impulsuri. Se știe însă din matematică, cum că orice fenomen tranzitoriu, orice impuls, poate fi descompus într'o sumă de termeni sinusoidali. In această sumă fiecare termen are altă frecvență, și altă amplitudine, iar numărul termenilor este infinit, fiind câte un termen pentru ficeare frecvență. Dacă se reprezintă grafic relația dintre amplitudinea diferitelor componente și frecvențele corespunzătoare, se obține așa numitul spectru Fourier al impulsului considerat. In figura 3 se arată diferite spectre corespunzând unor semnale de forme mai simple. Se observă din aceste grafice că unui impuls îi corespunde un spectru foarte bogat de frecvențe, care se întinde și în spre frecvențe înalte— teoretic până la frecvențe infinite. Din diferitele măsurători făcute, s'a ajuns la graficul din figura 4 care dă valoarea medie a intensității câmpului produs de trăsnete. Se vede de aci că până la frecvența de 50 MHz, nivelul paraziților provenind din trăznete, este mai mare de 10 microvolți pe metru. Se observă aci că în general la frecvențe mai mici, deci la lungimi de undă mai mari, nivelul paraziților este cu mult mai mare.

Paraziții cosmici sunt acei paraziți care vin din cosmos, mai precis anumite regiuni ale bolții cerești, cum ar fi de exemplu constelația Scorpionului și constelația Săgetătorului. Astăzi, o știință foarte tânără, radio astronomia, studiază undele radio care vin din univers. Evident, este vorba de undele electro-magnetice emise de anumite stele, ca rezultat al fenomenelor fizico-chimice care au loc în steaua respectivă, și nu reprezintă un mesagiu trimis de locuitorii — care de altfel nu există — ai respectivului astru.

Paraziții produși de instalațiile electrice sunt cei mai importanți paraziți. Dovada o avem imediat, comparând claritatea audiției la țară — unde acești paraziți aproape lipsesc — cu calitatea audiției într'un oraș industrial, sau în capitală. Acești paraziți sunt produși de variațiile brusce ale curentului electric : sonerii, motoare cu colector, telefon automat, ascensoare, instalații medicale, tracțiune electrică. Evident, puterea care intră în joc în aceste între-

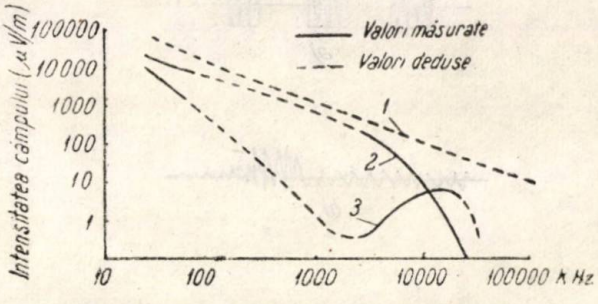


Fig. 4. Spectrul de frecvență al paraziților provenind din trăznete (valoare medie).
1 — valori maxime ; 2,3—valori medii la diferite ore.

ruperi este cu mult mai mică decât puterea care intervine la un trăznet, la care curentul este extrem de mare, deci și câmpul de paraziți produs este la fel de mare. In schimb la acești paraziți industriali, contează marele lor număr, care face ca efectul total să fie cu mult mai mare decât efectul paraziților atmosferici. Mecanismul de producere al acestor paraziți este același cu mecanismul paraziților atmosferici. Trebue

precizat că mecanismul producerii paraziților cosmici este diferit. Aci este vorba de radiația unui corp negru, care de asemenea se face într'un spectru continuu de frecvențe — conform legii lui Planck—deci emisia are un caracter permanent, continuu, și nu are aspectul unui efect tranzitoriu.

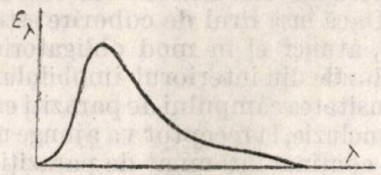


Fig. 5. Repartiția spectrală a energiei corpului negru la o temperatură dată.

Paraziții provenind din agitația termică își au origina în mișcarea neregulată, haotică, a electronilor din interiorul conductorilor. Electronii aceștia putând fi asemuiți moleculelor unui gaz, se agită în toate direcțiile în conductor, făcând ca distribuția electronilor în interiorul conductorului să difere dela un punct la altul. Apare astfel între extremitățile conductorului o tensiune — numită tensiune de agitație termică — care este proporțională cu valoarea rezistenței conductorului, cu temperatura absolută a corpului respectiv și cu banda de frecvență în care lucrează instrumentul în care se face măsura :

$$u = 4\sqrt{R\Delta f}$$

formulă valabilă la temperatura camerii, R fiind în Mohmi, f în kHz. Ultimul termen — banda de frecvență în care se face măsura — intervine din următorul motiv : fenomenele electrice fiind niște fenomene statistice, electronii sosesc neregulat la extremitățile conductorului. Sosirea fiecărui electron este un fenomen izolat, care este echivalent unui impuls, deci se poate descompune într'o serie Fourier având o infinitate de termeni și deci influența lui va fi resimțită dela frecvențele cele mai joase, până în domeniul frecvențelor cu mult peste cele utilizate în radiocomunicații. Cum sosesc mereu foarte mulți electroni, spectrele lor se suprapun, dând o rezultantă ce prezintă un spectru uniform în întreg domeniul de frecvențe amintit mai sus.

Suflul tuburilor electronice este un fenomen tot de natură statistică, și legat de faptul că electronii sosesc la anodă în mod neregulat, la intervale neegale de timp. Sosirea fiecărui electron constitue un impuls, deci un spectru larg de frecvență, și deci sosirea neregulată a electronilor conduce la obținerea unei tensiuni parazite în circuitul de utilizare a tubului, tensiune proporțională cu curentul care trece prin tub. De exemplu la diode, notând cu i curentul de fluctuație din circuitul anodic — curent ce provine tocmai din aceste cauze perturbatoare — cu I curentul din diodă, cu Δf banda de frecvență în care facem măsura, se poate scrie

$$i^2 = 3{,}18\ 10^{-19}\ I\,\Delta f.$$

Ultimile două surse de paraziți — agitația termică și suflul tuburilor — sunt cauzele care fac ca câștigul amplificatorilor să nu fie oricât de mare se dorește. De obicei, cu tuburile curente se pot obține amplificatori care să aibă un câștig de circa 60 db; peste această limită trebue utilizate tuburi speciale, alimentate dela baterii, utilizate în montaje speciale, etc.

4. Se va vedea acum care este modul în care pătrund paraziții exteriori în aparatul de radiorecepție. Această problemă este deosebit de importantă, căci dacă asupra paraziților interni nu se poate acționa, în schimb studierea modului în care intră paraziții externi în receptor, permite să se tragă unele concluzii asupra metodelor care trebue utilizate pentru a reduce

Fig. 6. Tensiune de sgomot văzută la oscilograful catodic.

cât mai mult influența lor. O analiză a situației arată că sunt două căi prin care paraziții ajung să influențeze receptorul : unii paraziți pătrund prin rețeaua de alimentare, iar alții

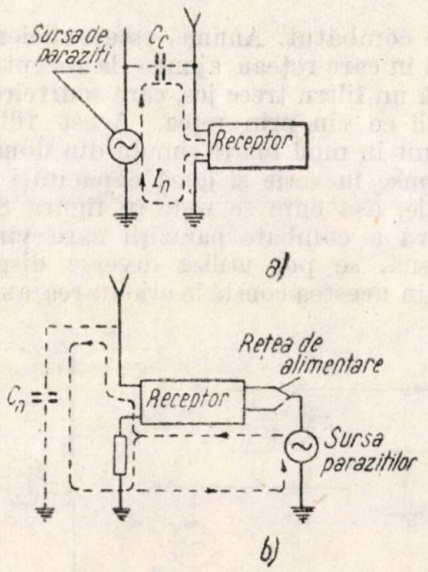


Fig. 7. Principalele moduri în care paraziții externi pătrund într'un receptor de radio : *a* — influențând direct antena; *b* — venind prin rețeaua de alimentare.

se propagă sub forma unui câmp electromagnetic și influențează direct antena, deci circuitul de intrare al receptorului. In figura 7 se arată cum pătrund paraziții în receptor. In figura 7, *a* sursa de paraziți este firul aerian de alimentare al tramvaiului, care influențează partea orizontală a antenei de recepție. (Generatorul care apare în figură reprezintă generatorul echivalent al paraziților). In figura 7, *b*

se arată cum paraziții venind prin rețeaua de alimentare, ajung prin diverse capacități parazite la intrarea receptorului, și pătrund deci în aparat.

Dintre aceste două moduri de pătrundere a paraziților în receptori, ultimul mod este mai

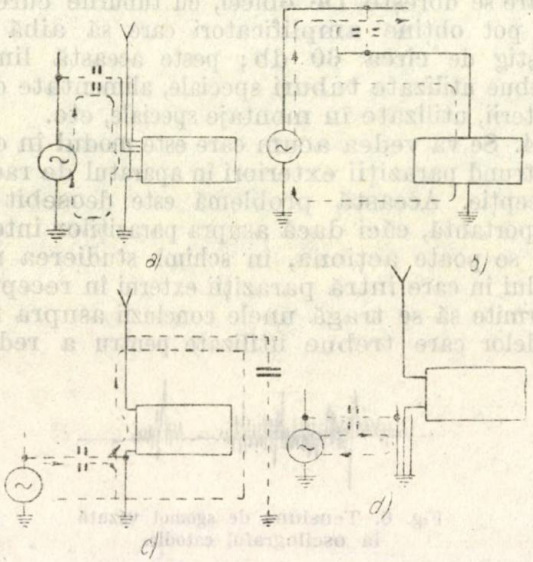


Fig. 8. Ecranarea firului de coborîre și a firului de pământ, pentru a evita pătrunderea paraziților:
a — antenă cu fir de coborîre blindat; *b* — antenă cu fir de coborîre simplu, la care pătrund paraziți; *c* — antenă la care paraziții pătrund prin firul de pământ numai; *d* — antenă cu fir de pământ blindat.

ușor de combătut. Anume, este suficient ca în punctul în care rețeau ajunge la receptor, să se dispună un filtru trece jos, care scurtcircuitează paraziții ce vin prin rețea. Acest filtru este constituit în mod foarte simplu din două inductanțe puse în serie și două capacități puse în derivație, așa cum se vede în figura 8.

Pentru a combate paraziții care vin direct în antenă, se pot utiliza diverse dispozitive. Unul din acestea constă în orientarea antenei — și a construcțiilor, care oferă o cale mai lesnicioasă de propagare. Dacă se înalță antena deasupra imobilului, o dispunem într'o regiune favorabilă, în care câmpul este intens, cel puțin la fel de intens ca la suprafața solului, dar în același timp nivelul paraziților este mult mai mic decât în interiorul imobilului, sau în imediata vecinătate a pereților săi. Antena nu va culege deci paraziți. Dacă însă firul de coborîre este simplu, neblindat, atunci el în mod obligatoriu va traversa regiunile din interiorul imobilului, regiuni unde intensitatea câmpului de paraziți este mare; deci, în concluzie, la receptor va ajunge un semnal având un conținut însemnat de paraziți. Aceasta se vede în figura 8, *b*. Uneori cuplajul cu sursa de paraziți se poate face prin intermediul firului de pământ, așa cum se vede în figura 8, *c*. Aci paraziții pătrund prin cuplajul direct numai în firul de pământ. De aci însă ei pătrund și în antenă. Iată necesitatea de a avea nu numai antena cu fir de coborîre blindat, ci și firul de pământ tot blindat.

In afara acestor dispozitive generale, se mai utilizează uneori simetrizarea circuitului de intrare al receptorului. Paraziții pot fi considerați ca provenind dintr'un generator dispus între șasiul aparatului și masă. (fig. 9, *a*). Putem evita ca acești paraziți să ajungă în circuitul de intrare — unde ajung datorită capacității C — simetrizând intrarea și dispunând niște ecrane, așa cum se vede în figura 9, *b*. In fine, se poate utiliza un sistem în punte, ca în figura 9, *c*. Aci antena are cablu blindat de coborîre, sau cel puțin un al doilea fir care joacă rolul de ecran. Capacitatea parazită dintre capătul ecranului și șasiu, permite trecerea prin bobina de intrare a unui curent produs de tensiunea paraziților. Capacitatea de neutrodinare C_n face ca prin bobină să treacă un curent de sens contrar, și produs de aceeași tensiune de paraziți. Reglând valoarea lui C_n la o valoare justă, se obține anularea efectelor acestor doi curenți.

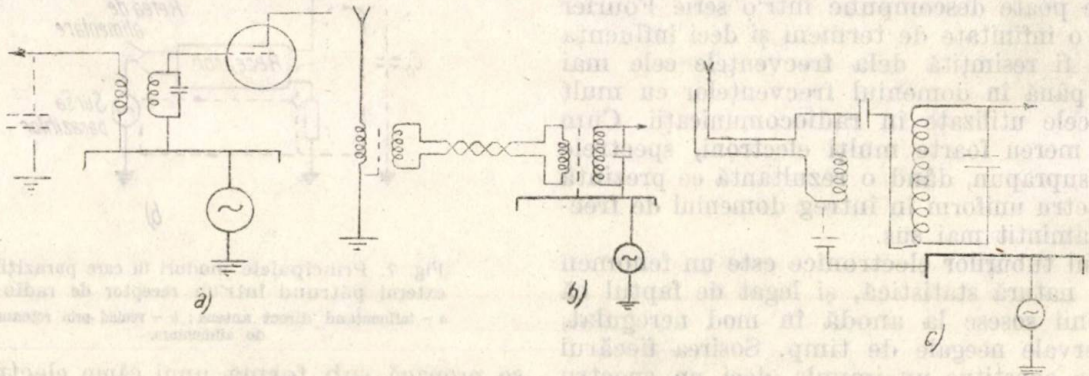


Fig. 9. Reducerea influenții paraziților externi prin simetrizarea intrării:
a — schema echivalentă a intrării nesimetrice a receptorului; *b* — simetrizarea intrării; *c* — simetrizarea și echilibrarea intrării.

și aceasta se va studia în paragraful următor. Alt mijloc constă în utilizarea unei antene degajate și cu cablu blindat de coborîre (fig. 8, *a*). Este necesar a avea o antenă degajată, adică situată la distanță de construcții. deoarece paraziții au un nivel mai mare în apropierea solului

5. Problema orientării antenii joacă un rol mare atunci când sursa principală de paraziți externi are o direcție cunoscută față de receptor. Dacă această sursă este constituită de rețeaua unui sistem de tracțiune electrică — tramvai, troleibus, etc. — atunci se recomandă

ca antena să fie dispusă perpendicular pe conductorul de alimentare al vehicolului. Deci antena poate fi verticală, sau chiar orizontală, dar dispusă perpendicular pe linia de tramvai sau troleibus. Metoda dă bune rezultate și este ușor de aplicat.

Dacă sursa de paraziți este o uzină electrică, sau o altă instalație ceva mai îndepărtată, se poate utiliza cu succes o antenă direcțională. Se amintește că prin antenă direcțională se înțelege o antenă care nu recepționează la fel de bine din toate direcțiile : semnalele care vin din unele direcții o influențează foarte mult, iar semnalele care vin din celelalte direcții nu o influențează deloc. Reprezentând grafic caracteristica de directivitate a unei astfel de antene, se obține o imagină de tipul celei din figura 10,

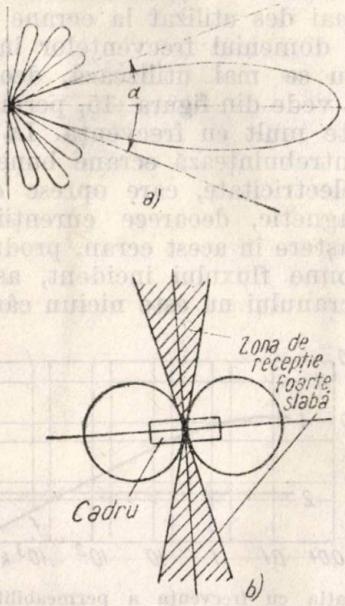


Fig. 10. Utilizarea unei antene direcționale pentru combaterea paraziților :
a — diagrama de directivitate a unei antene ; *b* — diagrama de directivitate a unui cadru.

în care direcțiile de bună receptivitate sunt acelea cuprinse în interiorul unghiului α. Cu o astfel de antenă se poate reduce efectul paraziților, aranjând antena astfel încât direcția postului pe care dorește a-l recepționa să coincidă cu direcția în care antena oferă o directivitate maximă — iar dimpotrivă, direcția sursei de paraziți să vină într'o direcție de directivitate mică — dacă este posibil chiar nulă. In figura 10, *b* se arată caracteristica de directivitate a unui cadru, iar haşurat se arată direcțiile de directivitate mică, direcții din care semnalele influențează foarte slab cadranul — deci receptorul.

6. Combaterea paraziților industriali trebue însă să se facă mai ales la locul unde ei se produc. Mijloacele de combatere sunt două : filtrele și ecranarea. Pentru înțelegerea funcționării filtrelor, se poate considera situația din figura 11, *a* și *b*. Aci prin Z_l s'a reprezentat impedanța internă a sursei de paraziți, iar prin Z_r impedanța receptorului. Este clar că curentul produs de paraziți va fi cu atât mai mic cu cât impedanța circuitului va fi mai mică. Cum paraziții au în general o frecvență mare, este suficient să dispunem

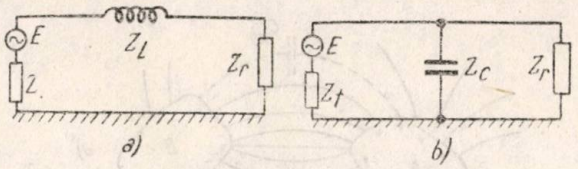


Fig. 11. Cele mai simple filtre trece jos :
a — inductanță în serie în circuit ; *b* — capacitate dispusă înparalel pe circuit.

în circuit o inductanță : pentru frecvența joasă a rețelii impedanța circuitului va fi mică ; pentru paraziți, dimpotrivă va fi foarte mare, și ei nu vor putea trece. Invers, dacă se dispune un condensator în paralel, reactanța sa va fi foarte mare, pentru joasa frecvență, care nu va fi influențată de el ; în schimb pentru înalta frecvență va fi un scurtcircuit, și deci paraziții nu vor putea trece de el. Combinând ambele elemente, așa cum se vede în figura 12, se obțin filtre mai eficace, la care frecvențele înalte ale paraziților sunt net oprite.

Modul de dimensionare și de alegerea elementelor care constitue un filtru eficace pentru paraziți — va fi studiat mai departe. Se va trece acum la problema ecranării.

7. Ecranarea se întrebuințează pentru a evita inducția și radiația din circuitele ecranate. Ecranarea poate fi făcută împotriva liniilor de forță electrice, sau a celor magnetice. Se va începe prin a prezenta modul de ecranare a liniilor de forță electrice. Fie două corpuri — așa cum se vede în figura 13 — din care unul este în legătură cu un generator, iar celălalt este legat la masă printr'o impedanță *Z*. Intre cele două corpuri există o capacitate, ca între oricare corpuri din univers. Sarcinile electrice depe corpul *A* vor induce sarcini electrice pe corpul *B*, și de oarece f.e.m. este alternativă, sarcinile vor schimba mereu de semn, și ca urmare prin circuitul *A*, C_{AB}, *B*,

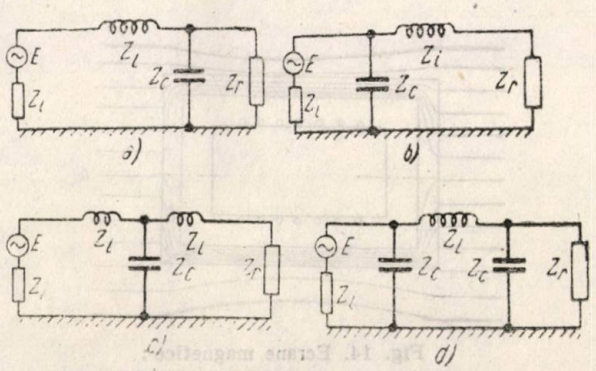


Fig. 12. Celule de filtre trece sus :
a — în L cu intrare pe inductanță ; *b* — în L cu intrare pe capacitate ; *c* — în T ; *d* — în π.

masă, se va naște un curent alternativ, care trece deci și prin impedanța *Z*. Dacă se dorește

ca generatorul E să nu influenţeze totuşi pe Z, atunci trebue să se anuleze capacitatea C_{AB}, adică trebue să facem ca liniile de forţă care pleacă dela A să nu mai ajungă la B. Pentru aceasta se dispune în jurul lui A un ecran elec-

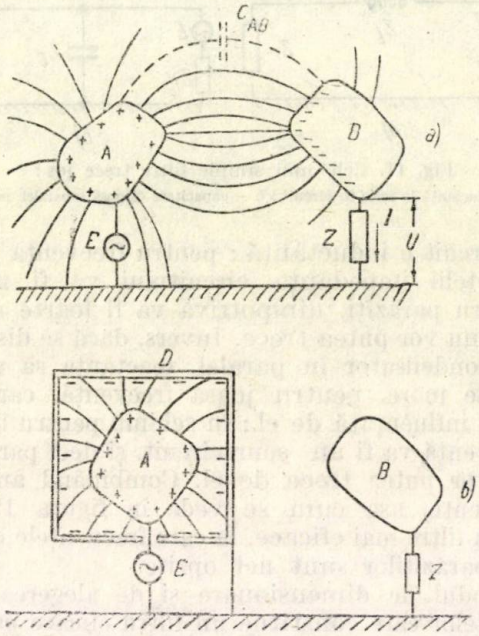


Fig. 13. Ecrane electrostatice:
a – inducţia electrostatică între două corpuri; *b* – ecranarea lui *A* elimină inducţia *A* şi *B*.

tric format dintr'un corp bun conductor de electricitate. Acesta fiind pus la masă — deci la un potenţial constant — opreşte toate liniile de forţă care pleacă dela A şi care deci nu mai pot ajunge la B. In modul acesta se elimină inducţia electrostatică dela A la B.

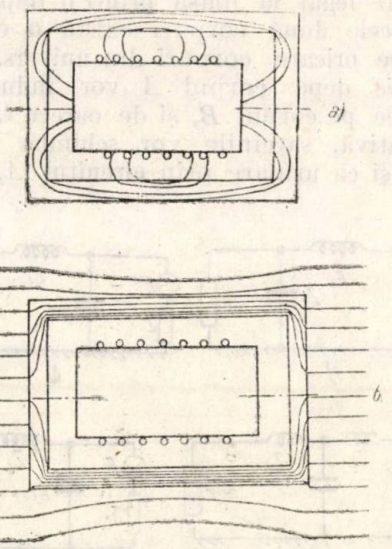


Fig. 14. Ecrane magnetice:
a – ecranarea unei bobine spre a elimina câmpul produs de ea; b – ecranarea unei bobine spre a evita influenţarea ei de către un câmp străin.

In cazul în care se urmăreşte eliminarea inducţiei magnetice produsă de o bobină, se înconjură bobina într'un ecran magnetic, care opreşte liniile de forţă care pleacă dela bobină (fig. 14). La fel atunci când se doreşte a elimina influenţarea unei bobine de un câmp magnetic exterior.

Pentru ca ecranajul să fie cât mai eficace este necesar ca materialul magnetic din care este făcut ecranul să aibă o mare permeabilitate iniţială — adică la câmpurile de inducţie mici — cum este de exemplu cazul la permaloi; deasemeni pereţii trebue să fie destul de groşi pentruca reluctanţa pe care o prezintă pereţii să fie mici. Nu trebue deci ca pereţii să prezinte fisuri. Efectul total al ecranelor se măreşte, dispunând mai multe ecrane concentrice, separate prin spaţii de aer de 2...3 cm grosime. Ecranele astfel realizate se întrebuinţează mai ales la transformatorii de joasă frecvenţă şi în general la instalaţiile care lucrează la frecvenţa reţelii — sau la frecvenţa audio. Materialul magnetic cel mai des utilizat la ecrane este tabla de fier. In domeniul frecvenţelor înalte acest material nu se mai utilizează, deoarece aşa aşa cum se vede din figura 15, permeabilitatea scade foarte mult cu frecvenţa. La frecvenţe înalte se întrebuinţează ecrane bune conducătoare de electricitate, care opresc complet şi câmpul magnetic, deoarece curenţii Foucault care iau naştere în acest ecran, produc un flux care se opune fluxului incident, astfel încât în afara ecranului nu este niciun câmp.

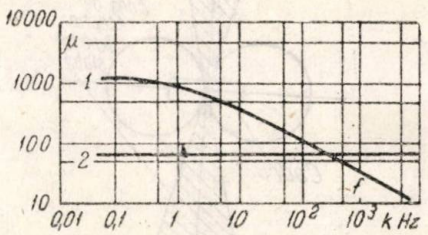


Fig. 15. Variaţia cu frecvenţa a permeabilităţii fierului:
a – tolă de generator; *b* – fier dielectric (ferocart).

Pentru a combina o ecranare eficace atât la frecvenţe înalte cât şi la frecvenţe joase, se utilizează două ecrane concentrice, format unul din fier, iar altul din material bun conducător de electricitate.

Grosimea tolei din material bun conducător de electricitate se calculează în legătură cu grosimea de pătrundere a undelor electromagnetice în materialul respectiv. Se ştie anume că prin grosime de pătrundere se înţelege grosimea de material după care amplitudinea câmpului electromagnetic scade de 100 ori. Notând această grosime cu δ, ea poate fi calculată în funcţie de constantele materialului, cu ajutorul formulei:

$$\delta = 2{,}32\sqrt{\frac{\rho}{\mu f}}$$

unde δ este dat în mm, conductibilitatea ρ este dată în ohm mm²/m, μ permeabilitatea relativă — egală cu unu pentru materialele nemagnetice, f — frecvenţa în MHz.

Valorile lui δ corespunzând la diferite materiale şi la diferite frecvenţe se dă în figura 16.

Pentru a avea un efect satisfăcător asupra paraziților, ecranul se ia egal cu adâncimea de pătrundere — calculată pentru frecvența de

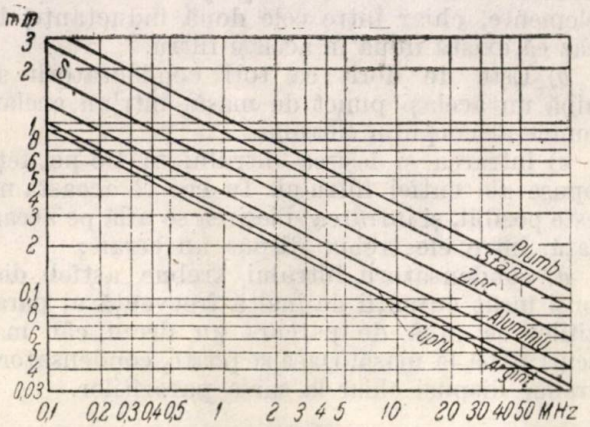


Fig. 16. Valoarea adâncimii de pătrundere pentru diferite materiale și diferite frecvențe.

lucru a receptorului — ceeace conduce la o atenuare a paraziților cu 40 db. De obicei se ia însă grosimea pereților mai mare, deoarece rezultă astfel din necesități constructive și din considerente legate de rezistența materialelor.

Ecranele — de orice tip ar fi ele, trebue legate la masă prin conductori de mică conductibilitate și care nu trebue să prezinte întreruperi. Un ecran care nu este legat la un conductor de potențial constant — ceeace se înțelege prin masă — nu își îndeplinește rolul.

8. Proiectarea elementelor filtrelor se face în mod simplu, urmând indicațiilor sovietice cuprinse în „Norme pentru determinarea limitei admisibile a radioparaziților industriali și metode pentru măsurarea lor". Se recomandă că la un filtru în L sau în T, valoarea inductanței L — dela filtrul L, sau a ori cărei inductanțe dela filtrul T — măsurată în microhenry, și C capacitatea în microfarazi — trebue să satisfacă relației

$$LC \geqslant 10$$

La filtrele în π elementele trebue să satisfacă relației

$$L\,\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \geqslant 10$$

unde L este inductanța în microhenry, iar C_1 și C_2 cele două capacități în microfarazi.

Atenuarea K pe care o prezintă un filtru L pentru paraziți poate fi calculată cu ajutorul formulei foarte simple

$$K = LC$$

L fiind inductanța în microhenry, iar C — capacitatea în microfarazi.

In figura 17 se dau abacele care permit determinarea lui L și C pentru diferite valori ale lui K.

Pentru obținerea unei atenuări mai eficace, se utilizează adeseori două celule în L în serie. In acest caz atenuarea totală K este

$$K = (LC)^2$$

dacă cele două celule sunt identice.

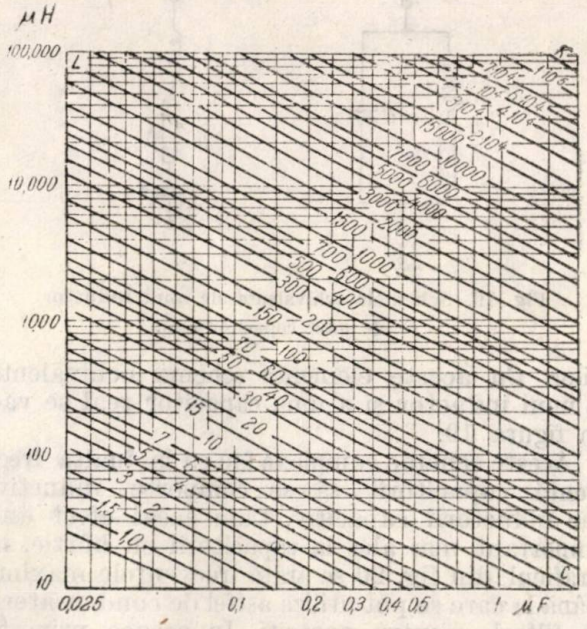


Fig. 17. Abace permițând proectarea filtrelor în L cu intrare pe inductanță, care realizează o anumită atenuare K a paraziților.

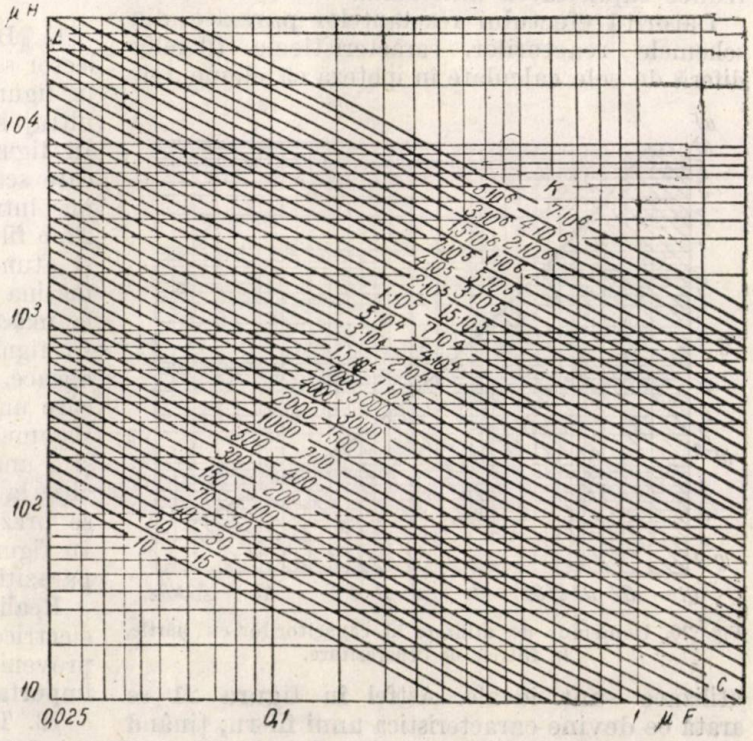


Fig. 18. Abace permițând determinarea elementelor unui filtru format din două celule în L în serie, care realizează o anumită atenuare totală K.

9. Alegerea elementelor filtrelor nu este determinată numai prin fixarea valorilor respective, ci mai intervin și alte elemente constructive. Anume trebue ținut seama că o inductanță reală mai prezintă și o capacitate în derivație

și la fel o capacitate reală prezintă și o inductanță în serie. Capacitatea inductanței este capacitatea distribuită a înfășurării, iar inductanța în serie a capacității este inductanța armătu-

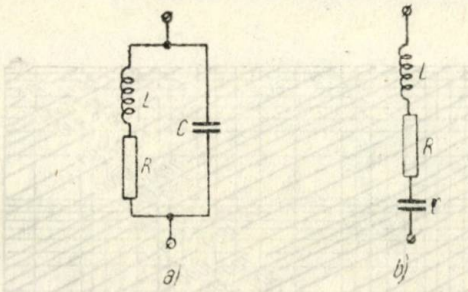


Fig. 19. Schemele echivalente ale unui inductor și ale unui capacitor real.

rilor. Cu aceste elemente schema echivalentă a unui inductor și a unui capacitor real se văd în figura 19.

Aceste scheme complexe fac ca la înaltă frecvență capacitorii să se comporte inductiv, iar inductorii capacitiv. Cum acest efect este important mai ales la capacitorii cu hârtie, în graficul din fig. 20 se arată frecvențele maxime până la care se pot utiliza astfel de condensatori, la filtrele pentru paraziți. In ceeace privește inductanțele, se recomandă ca eventual ele să fie cu secțiuni, deoarece în modul acesta se reduce capacitatea distribuită.

Datorită efectului reactanțelor parazite din schemele reactorilor, caracteristicele filtrelor diferă de cele calculate în ipoteza că elementele

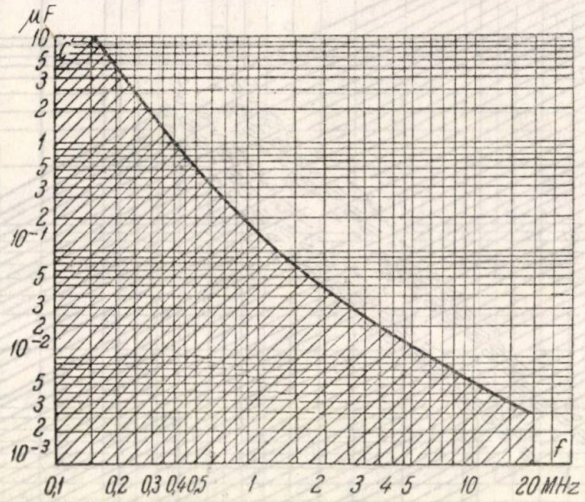


Fig. 20. Domeniul de utilizare al capacitorilor cu hârtie, la filtrele de deparazitare.

utilizate sunt ideale. Astfel în figura 21 se arată ce devine caracteristica unui filtru, ținând seama de reactanțele parazite. Rezultă de aci că la frecvențe înalte, filtrul devine neoperant. Frecvența dela care filtrul începe să nu mai lucreze, este dată de rezonanța proprie a elementelor ce constitue filtrul.

10. Se recomandă deasemeni următoarele detalii constructive relativ la realizarea filtrelor pentru deparazitare:

a) Condensatorii filtrului, și conductorii trebue ecranați cu grije, la fel și inductanțele. Trebue evitat ori ce cuplaj între diferitele elemente, chiar între cele două inductanțe, în caz că există două în același filtru.

b) Este de dorit ca toți condensatorii să aibă un același punct de masă, într'un același punct al corpului filtrului.

c) intrarea și ieșirea filtrului să fie pe fețe opuse ale cutiei filtrului. In caz că aceasta nu este posibil, și intrarea și ieșirea se află pe aceași față, între ele trebue dispus un ecran;

d) condensatorii filtrului trebue astfel dispuși încât curenții de înaltă frecvență ai paraziților să aibă de parcurs un drum cât mai scurt până la masă. Dacă se poate, condensatorii trebue dispuși chiar la sursa paraziților.

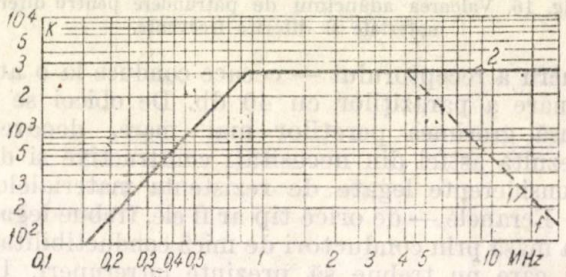


Fig. 21. Caracteristica de frecvență a unui filtru în L: *1* – curba reală; *2* – curba ideală.

11. Deparazitarea mașinilor electrice cu colector se poate face în diferitele moduri arătate în figura 22. In figura 22, *a* condensatorii de filtraj sunt dispuși chiar pe carcasa mașinii. In figura 22, *b* s'a dispus și un condensator care scurtcircuitează direct paraziții, fiind dispus între cele două borne de ieșire. In figura 22, *c* filtrul nu poate fi prins chiar pe carcasă, și atunci este dispus alături; în figura 22, *d* mașina este montată nesimetric, având o bornă la masă. Se dispune atunci filtrul pe o fază. In figura 22, *e* se utilizează un montaj mai eficace, constând din două filtre în L, montate câte unul pe fiecare conductor. In figura 22, *f* sistemul este încă îmbunătățit, prin folosirea și a unui condensator ce scurtcircuitează paraziții la intrarea filtrului. In figura 22, *g* și *h* se prezintă filtre în L cu intrarea inductivă. In figura 22, *i* se arată o filtrare complectă a paraziților.

Realizarea unui filtraj convenabil la mașinile electrice suprimă în mod substanțial paraziții provenind dela ele, și care constitue cea mai importantă contribuție la paraziții industriali.

12. Tracțiunea electrică constitue de asemeni un factor important în crearea paraziților. Astfel un vagon de tramvai datorită contactelor imperfecte cu conductorul de alimentare, crează paraziți care sunt simțiți până la 5...6 km de locul unde se află tramvaiul, și aceasta pe o distanță de 250 m în adâncime. Se poate micșora producerea paraziților mărind impedanța internă a vagonului, prin dispunerea

unor bobine de inductanță, în serie. Se recomandă de asemeni folosirea unor condensatori de filtraj, de circa 0,5...1 microfarad, la motoarele vagonului.

un conductor de rezistență internă aproape zero.

13. Toate instalațiile electrice trebue depa-

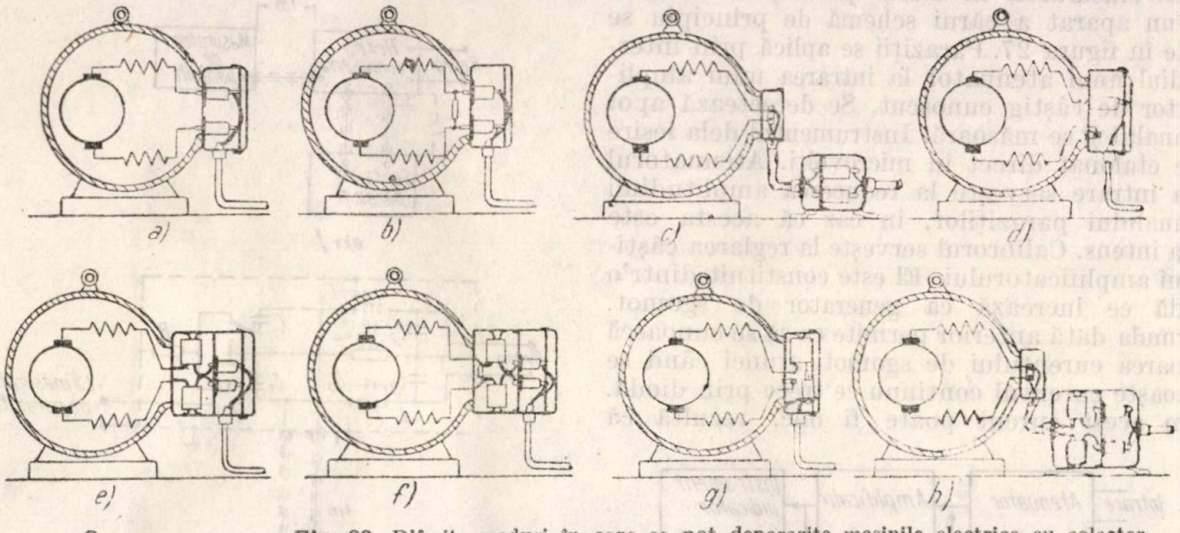
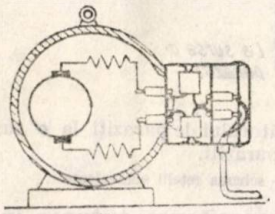


Fig. 22. Diferite moduri în care se pot deparazita mașinile electrice cu colector.



La troleibuze, se recomandă adoptarea dispozitivelor din figura 23. Rolul inductanțelor și capacităților este clar. In fig. 23 se mai observă: condensator (1) și suportul său (2), suport pentru conductor (3); priza de pământ (4,5,6); șaibă (7) și contactul terminal (8). Rolul patului de nisip

razitate. Astfel chiar și întrerupătoarele. Se recomandă în acest sens adoptarea în paralel pe întrerupător a unui condensator în serie cu o rezistență, totul fiind ecranat. Diferite montaje se văd în figura 24.

Deasemeni trebue deparazitate toate instalațiile electrice dela vehicule — automobile, motociclete. Aci deparazitarea constă din ecranarea tuturor conductelor electrice, și legarea acestor ecrane la corpul vehiculului. Bujiile

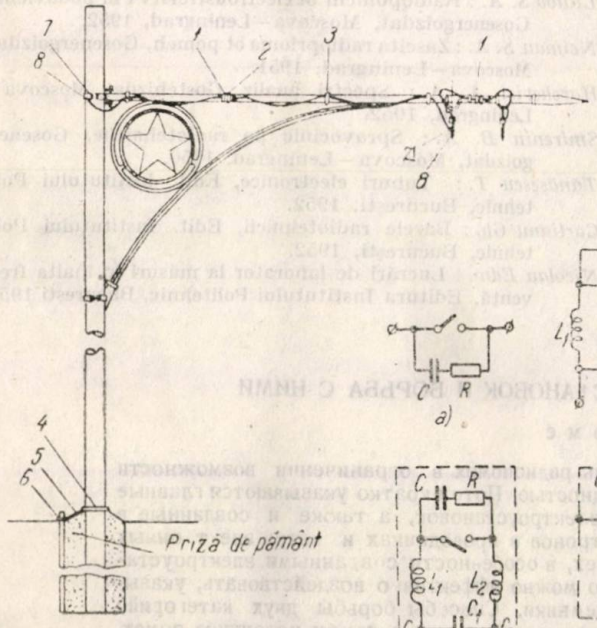


Fig. 23. Dispozitive antiparazite la un stâlp de troleibus.

1—condensator; *2*—suport pentru condensator; *3*—suport pentru conductor; *4*—inel pentru priza de pământ; *5*—conductor pentru priza de pământ; *6*—tub pentru priza de pământ; *7*—șaibă; *8*—contact terminal.

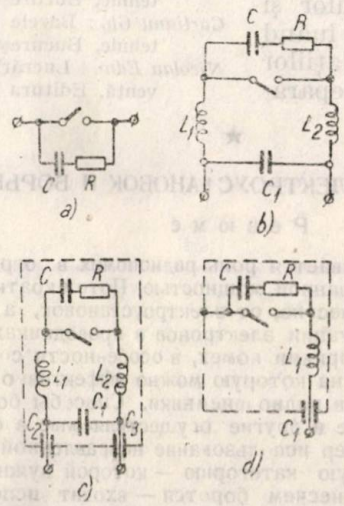


Fig. 24. Deparazitarea unui întrerupător

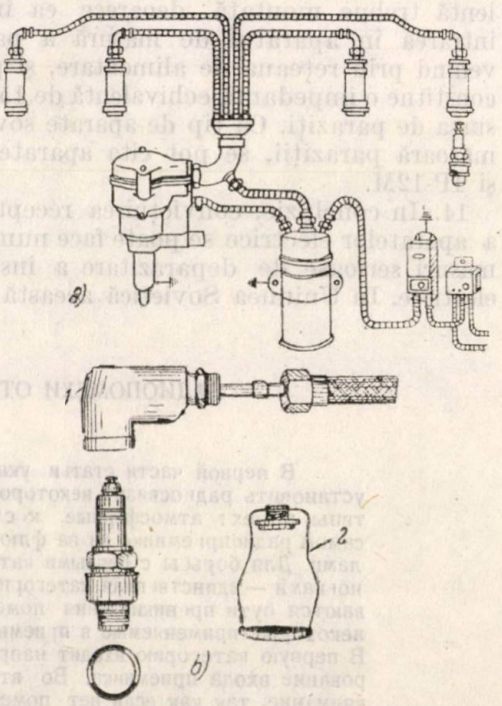


Fig. 25. Instalația electrică a unui automobil ecranată și filtrată. Detaliu: bujie ecranată.

dela baza stâlpului este de a împiedica curenții paraziți să se propage prin sol, care constitue

deasemeni trebue ecranate. O instalație de automobil ecranată și filtrată se vede în figura 25.

O problemă importantă pentru cei care au receptor de radio pe mașină este deparazitarea vibratorului care alimentează acest receptor.

13. Măsurarea nivelului paraziților se face cu un aparat a cărui schemă de principiu se vede în figura 27. Paraziții se aplică prin intermediul unui atenuator la intrarea unui amplificator de câștig cunoscut. Se detectează apoi semnalul și se măsoară. Instrumentul dela ieșire este etalonat direct în microvolți. Atenuatorul dela intrare servește la reducerea amplitudinii semnalului paraziților, în caz că acesta este prea intens. Calibrorul servește la reglarea câștigului amplificatorului. El este constituit dintr'o diodă ce lucrează ca generator de sgomot. Formula dată anterior permite ca să se cunoască valoarea curentului de sgomot, atunci când se cunoaște curentul continuu ce trece prin diodă. Cum acest curent poate fi mic, rezultă că

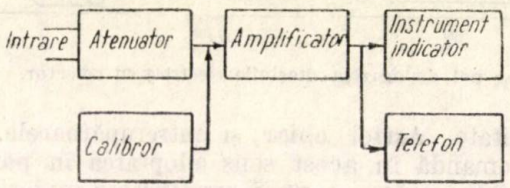


Fig. 26. Schema bloc a unui măsurător al nivelului paraziților

dioda poate constitui o sursă de tensiuni foarte mici și cunoscute. Aparatul se conectează la sursa de paraziți așa cum este arătat în figura 27, unde se dă și schema rețelii echivalente ce trebue montată totdeauna. Rețeaua echivalentă trebue montată deoarece ea împiedică intrarea în aparatul de măsură a paraziților venind prin rețeaua de alimentare, și pentrucă constitue o impedanță echivalentă de 150 pentru sursa de paraziți. Ca tip de aparate sovietice ce măsoară paraziții, se pot cita aparatele IP-12 și IP-12M.

14. In concluzie, convietuirea receptorilor și a aparatelor electrice se poate face numai luând măsuri serioase de deparazitare a instalațiilor electrice. In Uniunea Sovietică această deparazitare se urmărește sistematic. Și la noi în țară, unde astăzi industria electrică cunoaște un avânt încă neîntâlnit, trebue să se ia măsuri pentru

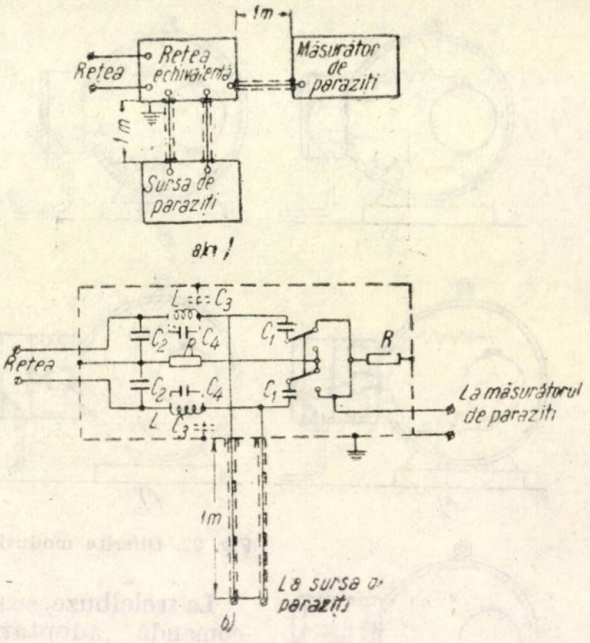


Fig. 27. Montarea măsurătorului de paraziți la o sursă de paraziți.
a — schema bloc; *b* — schema rețelii echivalente.

a face obligatorie deparazitarea tuturor instalațiilor electrice industriale, de telecomunicații, de tracțiune.

Bibliografie

Liutov S. A.: Radiopomehi ot electroustroistv i ih podavlenie, Gosenergoizdat, Moscova—Leningrad, 1952.
Neiman S. A.: Zascita radioprioma ot pomeh, Gosenergoizdat, Moscova—Leningrad, 1951.
Harchevici A. A.: Spectri analiz, Gostehizdat, Moscova—Leningrad, 1952.
Smirenin B. A.: Spravocinic po radiotehniche, Gosenergoizdat, Moscova—Leningrad, 1950.
Tănăsescu T.: Tuburi electronice, Edit. Institutului Politehnic, București, 1952.
Cartianu Gh.: Bazele radiotehnicii, Edit. Institutului Politehnic, București, 1952.
Nicolau Edm.: Lucrări de laborator la măsuri în înalta frecvență, Editura Institutului Politehnic, București 1953.

★

РАДИОПОМЕХИ ОТ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК И БОРЬБА С НИМИ

Резюме

В первой части статьи указывается роль радиопомех в ограничении возможности установить радиосвязь с некоторой данной мощностью. Потом кратко указываются главные типы помех: атмосферные, космические, от электроустановок, а также и созданные в самом радиоприемнике из за флюктуации электронов в проводниках и ветра электронных ламп. Для борьбы с первыми категориями помех, в особенности созданными электроустановками — единственная категория на которую можно эффективно воздействовать, указываются пути проникновения помех в радиоприемники. Способы борьбы двух категорий: некоторые применяемые в приемнике и другие осуществляемые в самом источнике помех. В первую категорию входит например использование направленной антенны и симметрирование входа приемника. Во вторую категорию — которой нужно уделить наибольшее внимание, так как если нет помех несчем боротся — входит использование фильтров и экранов. Даются графики для рассчета фильтров, выбора деталей и соответствующих значений. Даются также графики для рассчета толщины экранов. Для обеих систем —фильтров и экранов—кратко излагаются физические основы работы. В последней части статьи дается способ проверки эффективности помехоустойчивости, измерением уровня помех.

ARDEREA PORȚELANULUI ELECTROTEHNIC ȘI CONCEPȚII NOI IN CONSTRUCȚIA CUPTOARELOR ROTUNDE CARE FUNCȚIONEAZĂ CU GAZ METAN

Ing. I. DOBREV și Ing. V. IVAȘCU

După o scurtă introducere în care se arată importanța arderii în procesul de fabricație a porțelanului electrotehnic, se trece la descrierea amănunțită a procesului de ardere, se dau diagrame și date practice. Sunt descrise apoi cuptoarele rotunde cu date de proeciare și date constructive, utilizându-se bogata experiență sovietică.

I. **Introducere.** Progresele în construcția de mașini și aparate electrice, în transmiterea energiei electrice la distanță și în alte domenii, au impus desvoltarea și perfecționarea industriei materialelor electrotehnice. Intre multiplele materiale izolante electrotehnice, vechi și noi porțelanul electrotehnic ocupă un loc de frunte, datorită proprietăților sale superioare dielectrice, mecanice și termice, deasemenea datorită aspectului său plăcut și mai ales prețului său de cost relativ redus.

Calitatea porțelanului electrotehnic depinde foarte mult de compoziția sa, de tehnologia de fabricație, în special de regimul de ardere și o serie întreagă de factori specifici industriei ceramice.

Cuptoarele pentru arderea porțelanului sunt instalații complicate și costisitoare, determinând în același timp și capacitatea de producție a fabricei. Din aceste motive construcția lor rațională și exploatarea economică au o deosebită importanță pentru economia națională.

La noi, până la instaurarea regimului democrat-popular, construcția acestor cuptoare s'a făcut fie de către specialiști străini, fie de către practicieni prin metode pur empirice bazate pe observații personale ținute secrete.

De multe ori aceste construcții prezentau defecte serioase care cu greu se puteau îndrepta neexistând proiecte bazate pe un calcul complect.

Greutățile în acest domeniu au crescut și mai mult atunci când cuptoarele existente și construite pentru ardere cu lemn și cărbune au fost transformate pentru folosirea gazului metan. Primele încercări au dat procente ridicate de produse cu defecte de ardere (beșici, porțelan nears și prea ars, produse afumate, etc.).

Pentru înlăturarea acestor defecte s'au studiat fenomenele din timpul arderii, felul flăcării, arzătoarele, focarul și tirajul în puncte diferite al cuptorului și al coșului.

Având în vedere că în literatura de specialitate n'am găsit lucrări în legătură cu cuptoare pentru ceramică pe bază de combustibil gaz natural cu putere calorifică mare (circa 8 000 kcal/m³) la proiectarea noului tip de cuptor rotund am consultat lucrări care tratează folosirea gazului metan în alte industrii precum și datele experimentale obținute în fabricile noastre.

In această direcție un ajutor deosebit de prețios ni l-a dat literatura tehnică sovietică care tratează problema folosirii gazelor naturale din regiunea Saratov pentru scopurile cele mai variate.

II. **Stabilirea regimului rațional de ardere a porțelanului.** Inainte de a trece la descrierea principiilor fundamentale pe baza cărora s'a proiectat cuptorul rotund de tip nou, am găsit necesar ca să facem o scurtă expunere asupra fenomenelor ce se desfășoară în timpul arderii și asupra modului de stabilire a unui regim rațional de ardere, având în vedere că între fenomenele chimice, fizice, regimul de ardere și construcția cuptorului sunt legături strânse

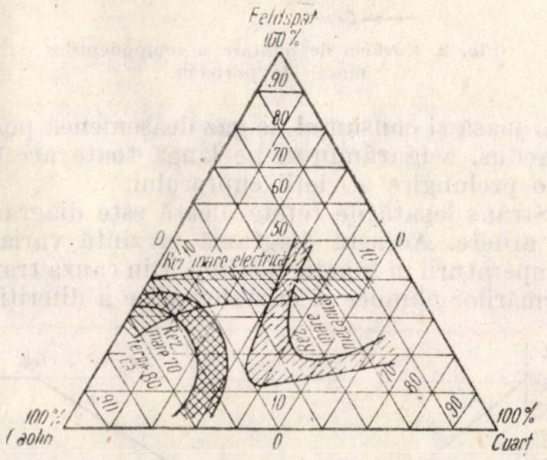


Fig. 1. Diagrama triunghiulară a porțelanului.

și numai printr'o coordonare judicioasă a tuturor acestor factori se poate obține un produs ceramic de calitate superioară.

Pasta de porțelan din care se confecționează diferite produse tehnice și electrotehnice, are ca materii prime de bază : caolinul, feldspatul și nisipul cuarțos. Proprietățile electromecanice precum și rezistența termică și chimică a porțelanului sunt determinate în mare măsură de proporția în care intră fiecare din acești componenți în rețeta pastei de porțelan. Acest lucru reiese clar din diagrama triunghiulară a porțelanului, redată în figura 1.

Strâns legată de rețeta aleasă este temperatura de vitrifiere a porțelanului, iar aceasta la rândul ei este un element important în proiectarea cuptorului. Temperatura de vitrifiere scade prin creșterea procentului de feldspat din pastă, deci tendința cercetătorilor la stabilirea rețetelor de fabricație trebue să fie spre paste a căror compoziție să fie situată în regiuni

cât mai apropiate de vârful superior al diagramei triunghiulare a porțelanului, menținând în același timp și proprietățile electromecanice în limite admisibile. Prin aceasta se va putea reduce la proiectare grosimea pereților cuptorului, se pot admite cărămizi de refractaritate

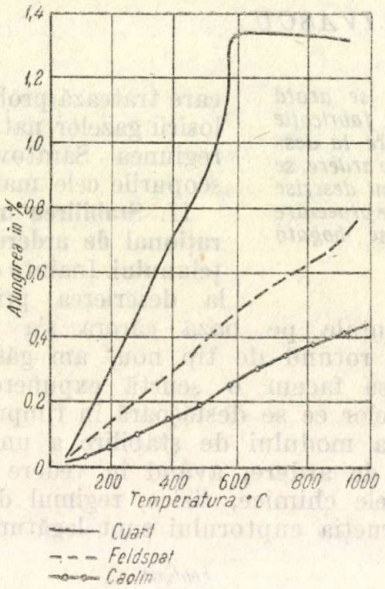


Fig. 2. Curbele de dilatare a componenților masei de porțelan.

mai joasă și consumul de gaz deasemenea poate fi redus, asigurându-se pe lângă toate acestea și o prelungire a vieții cuptorului.

Strâns legată de rețeta aleasă este diagrama de ardere. Această diagramă prezintă variația temperaturii în funcție de timp. Din cauza transformărilor chimice și cristalografice a diferiților

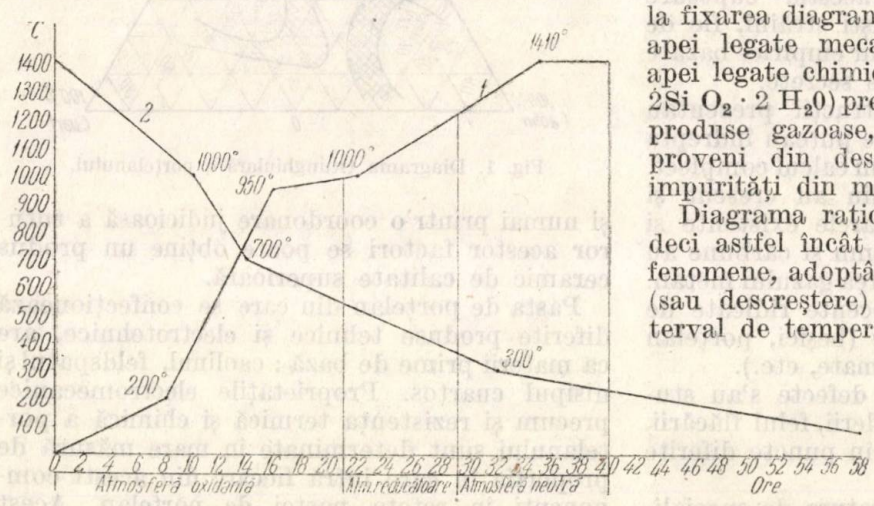


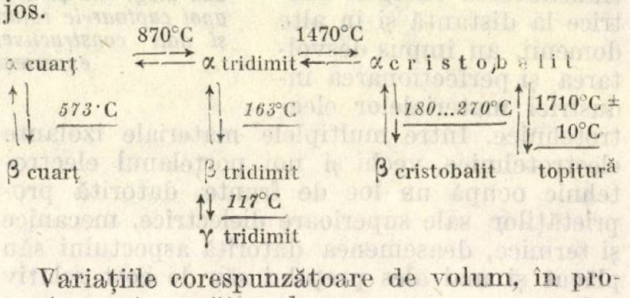
Fig. 3. Diagrama de ardere și răcire a produselor de porțelan.

componenți viteza de urcare a temperaturii și aceea de răcire va fi variabilă în diferite intervale de temperatură. Pentru a putea adopta o diagramă rațională, deci cât se poate de scurtă fără să influențăm calitatea produsului finit, trebue să cunoaștem fenomenele fizice și chimice ce se petrec în timpul arderii și răcirii și intervalele de temperatură în care au loc.

In figura 2 se dau curbele de dilatare a componenților masei de porțelan.

Din diagramele 1 și 2 reiese că materiile prime de bază au coeficienți de dilatare diferiți deci procentul în care intră în compoziția pastei va influența asupra coeficientului de dilatare a pastei.

Afară de aceasta cuarțul în jurul temperaturii de 570°C își mărește volumul cu 2,4% datorită trecerii din starea alotropică β cuarț în stare de α cuarț, din această cauză și volumul produselor se mărește cu circa 0,8%. Modificările alotropice ale cuarțului sunt arătate mai jos.



Variațiile corespunzătoare de volum, în procente sunt următoarele :

				%
β cuarț	573°C	α cuarț	+	0,82
β cristobalit	180...270°C	α cristobalit	+	2,80
γ tridimit	117°C	β tridimit	+	0,2
α cuarț	1200°C	α tridimit	+	16,0
α cuarț	1000°C	α cristobalit	+	15,4
α cuarț	1000°C	bioxid de siliciu amorf	+	15,5
bioxid de siliciu amorf	1200...1400°C	α cristobalit	+	0,9

Alte fenomene de care trebue să se țină seamă la fixarea diagramei de ardere sunt : eliminarea apei legate mecanic (umiditatea), eliminarea apei legate chimic din caolină și argile ($Al_2O_3 \cdot 2Si\,O_2 \cdot 2\,H_2O$) precum și eliminarea diferitelor produse gazoase, (CO_2, SO_2, etc.) care pot proveni din desagregarea sau arderea unor impurități din materiile prime.

Diagrama rațională de ardere va fi trasată deci astfel încât să țină cont de toate aceste fenomene, adoptând viteza maximă de creștere (sau descreștere) admisibilă pentru fiecare interval de temperatură. Tot aici trebue să se amintească și fenomenul specific în arderea ceramicei, anume perioada de reducere între circa 900°C și 1200°C. In acest interval de temperatură atmosfera din cuptor trebue să fie reducătoare pentru a asigura reducerea Fe_2O_3 la FeO, înlăturând astfel colorația roșcată a porțelanului cauzată de Fe_2O_3. In figura 3 se dă schematic o astfel de diagramă.

Diagrama de ardere a porțelanului se poate diviza în patru perioade și anume :

Perioada întâia („focul mic") în care se elimină umiditatea din pastă ; argila, caolina și

mica pierd apa de constituție, carbonații sunt descompuși și se degajă CO_2 rezultat din arderea substanțelor organice. Această perioadă se termină între 850° și 1 000°C (depinzând de rețetă și de materiile prime). Temperatura se ridică

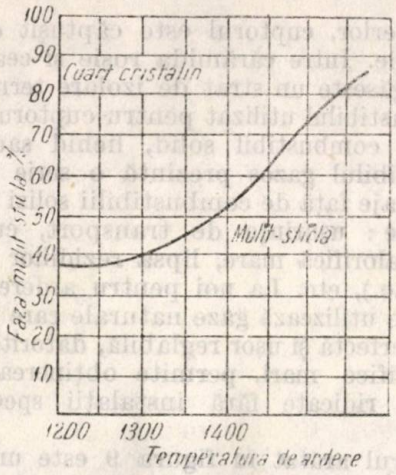


Fig. 4. Faza sticloasă în funcție de temperatura de ardere.

în această perioadă cu 100°...140°C pe oră. Atmosfera în cuptor este oxidantă.

Perioada a doua („reținerea temperaturii"), are ca scop egalizarea temperaturii în toate punctele camerei cuptorului. Atmosfera este oxidantă.

Perioada a treia („faza reducătoare") trebue să se înceapă în jurul lui 900°C și se termină înainte de închiderea porilor (circa 1 200°C).

Perioada a patra („focul mare") în care temperatura se urcă cu o viteză de 40°...60°C/oră până la atingerea temperaturii finale care este menținută timp de 3...5 ore.

Durata diferitelor perioade a diagramei de ardere are o influență mare asupra proprietă-

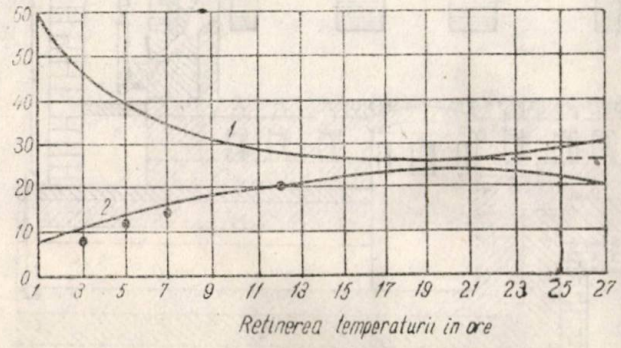


Fig. 5. Relația între cantitatea de fază sticloasă și durata reținerii temperaturii (curba 2). Micșorarea granulei de cuarț (curba 1).

ților porțelanului. Pentru ilustrarea acestui fenomen se dau câteva diagrame reprezentând: relația între cantitatea de fază sticloasă și temperatura de ardere (fig. 4), relația între cantitatea de fază sticloasă și durata reținerii temperaturii (fig. 5), relația între rezistența mecanică a porțelanului și procentul de fază sticloasă (fig. 6), influența temperaturii de ardere asupra rezistenței mecanice și electrice a porțelanului (fig. 7) și relația între rezistența meca-

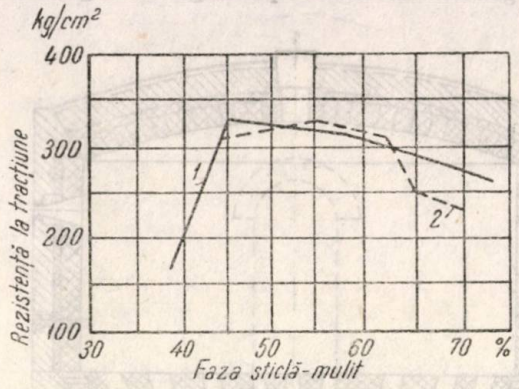


Fig. 6. Relația între rezistența mecanică a porțelanului și procentul de fază sticloasă:
1 — ardere la temperaturi diferite; 2— ardere la temperatura de 1300°C cu „rețineri" de durate variabile.

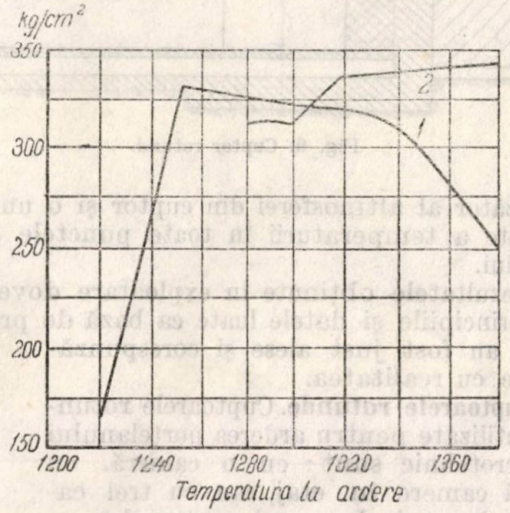


Fig. 7. Influența temperaturii asupra rezistenței mecanice și electrice a porțelanului:
1—rezistența mecanică; 2—tensiunea de străpungere [kV/mm]

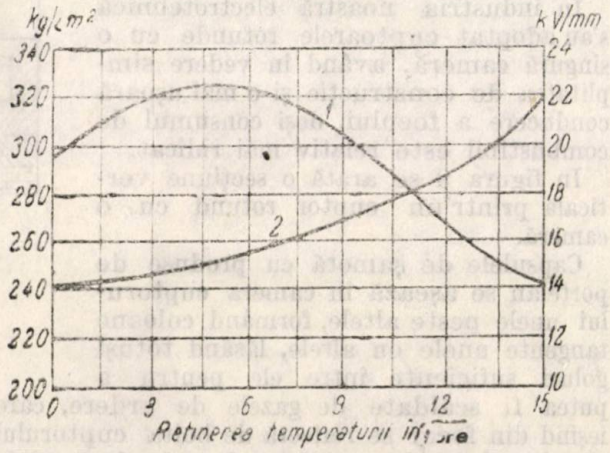


Fig. 8. Relația între rezistența mecanică și electrică a porțelanului și durata reținerii temperaturii.

nică și electrică a porțelanului și durata reținerii temperaturii (fig. 8).

Din cele de mai sus reiese clar sarcina proiectantului de a realiza un cuptor rotund care să poată asigura posibilitatea respectării exacte a diagramei de ardere pe lângă un regim coresPodeaua este prevăzută cu o serie de orificii de trecere a gazelor arse repartizate într'un anumit fel, astfel că temperatura din interiorul cuptorului să fie distribuită cât mai uniform.

Sub podea se găseşte un colector mare de fum, şi canalul principal care face legătura cu coşul.

In exterior, cuptorul este căptuşit cu cărămidă roşie. Intre cărămida roşie şi cea refractară se găseşte un strat de izolare termică.

Combustibilul utilizat pentru cuptorul rotund poate fi combustibil solid, lichid sau gazos. Combustibilul gazos prezintă o serie întreagă de avantaje faţă de combustibilii solizi şi lichizi şi anume: uşurinţa de transport, curăţenie, putere calorifică mare, lipsa rezidiilor (cenuşă, sgură, etc.), etc. La noi pentru arderea porţelanului se utilizează gaze naturale care pe lângă ardere perfectă şi uşor reglabilă, datorită puterii lor calorifice mari, permite obţinerea temperaturilor ridicate fără instalaţii speciale de ardere.

Cuptorul arătat în figura 9 este un cuptor de ardere de tip vechi şi care prezintă desavantajul că nu asigură o distribuţie uniformă a temperaturilor, iar podeaua fiind boltită, din cauza sarcinii mari şi solicitărilor termice, se deteriorează foarte des provocând întreruperi în producţie.

Un tip nou de cuptor rotund, de concepţie sovietică şi care înlătură desavantajele indicate mai sus este cuptorul arătat în figura 10.

Un astfel de cuptor a fost proiectat de noi, construit şi pus în exploatare în calitate de

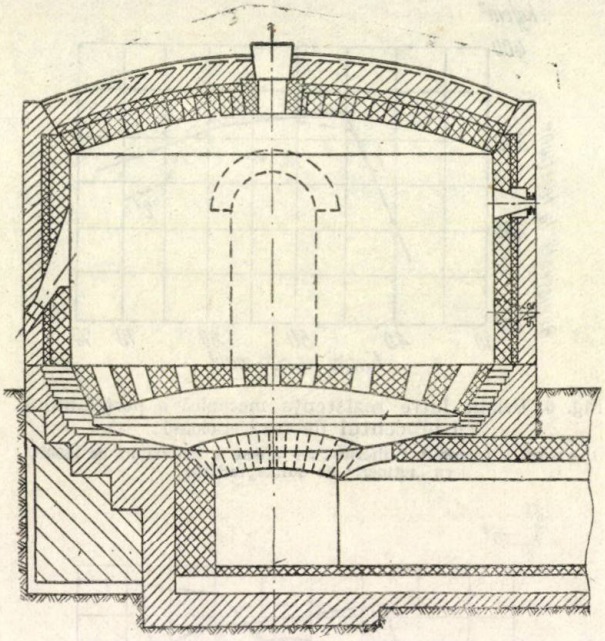


Fig. 9. Cuptor rotund.

punzător al altmosferei din cuptor şi o uniformitate a temperaturii în toate punctele cuptorului.

Rezultatele obţinute în exploatare dovedesc că principiile şi datele luate ca bază de proiectare au fost just alese şi corespunzătoare cu realitatea.

Cuptoarele rotunde. Cuptoarele rotunde utilizate pentru arderea porţelanului electrotehnic sunt: cu o cameră. cu două camere în etaj, sau cu trei camere în etaj. In cazul cuptoarelor cu etaj, gazele arse se reutilizează, trecându-le succesiv din prima cameră în a doua şi a treia.

In industria noastră electrotehnică s'au adoptat cuptoarele rotunde cu o singură cameră, având în vedere simplitatea de construcţie şi o mai uşoară conducere a focului, deşi consumul de combustibil este relativ mai ridicat.

In figura 9 se arată o secţiune verticală printr'un cuptor rotund cu o cameră.

Capsulele de şamotă cu produse de porţelan se aşează în camera cuptorului unele peste altele, formând coloane tangente unele cu altele, lăsând totuşi goluri suficiente între ele pentru a putea fi scăldate de gazele de ardere, care ieşind din focar se reflectă de bolta cuptorului şi coboară în jos printre coloanele de capsule spre canalele de fum din podea.

Cuptorul este căptuşit în interior cu cărămidă refractară (pereţii, bolta şi podeaua) în grosime de circa 400...500 mm.

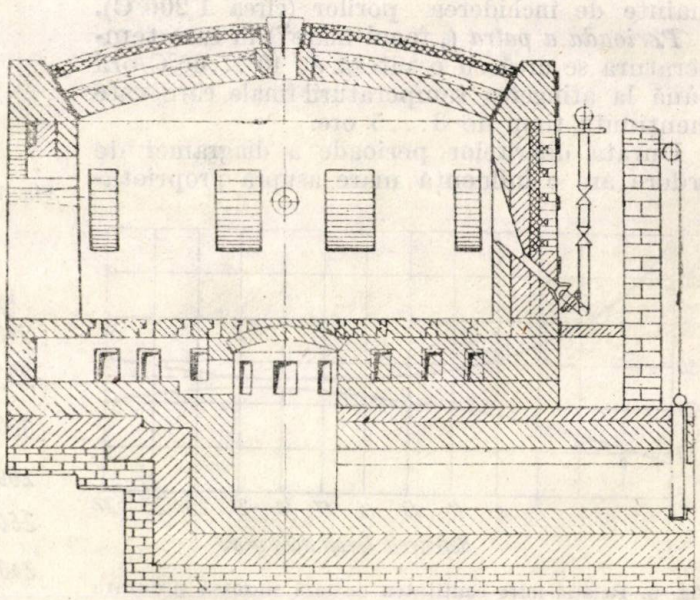


Fig. 10. Cuptor rotund.

cuptor pilot. Cuptorul a fost pus în funcţiune şi dă rezultate foarte bune.

Având în vedere că acest cuptor constitue o inovaţie atât ca mod de concepţie cât şi ca mod de calcul, în cele ce urmează se descriu pe scurt, modul de calcul şi soluţiile constructive adoptate.

Dimensiunile principale ale cuptorului. Dimensiunile principale ale cuptorului sunt diametrul interior (d) și înălțimea interioară până la naşterea bolții (h). Înălțimea h este determinată de considerațiunea practică de ușurință la încărcare-descărcare și rezistența maximă de compresiune a capsulelor.

Diametrul d s'a determinat pe baza raportului optim dintre suprafața interioară și volumul cuptorului (0,5...1,5; s'a luat 1,5). Acest raport este un indice asupra pierderilor de căldură prin pereți.

R este raza bolții;
V — (volumul cuptorului) = 35 m³;
h — 2,4 m;
f — (săgeata bolții) = 0,58 m;
F — (suprafața interioară) $= \pi dh + \pi Rf + \frac{\pi d^2}{4}$; (1)

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \times h + \frac{\pi f}{6}\left(3\frac{\pi d^2}{4} + f^2\right); \quad (2)$$

$$\frac{F}{V} = 1{,}5. \quad (3)$$

Din relațiile de mai sus s'a determinat $d = 3{,}8$ m.

Consumul de combustibil. Având dimensiunile principale ale cuptorului și cunoscând temperatura maximă în cuptor s'a trecut la calculul termic al cuptorului pentru această temperatură maximă și regim staționar.

Pentru determinarea consumului de combustibil nu s'a putut utiliza metoda de calcul exactă prin ecuațiile diferențiale de transmitere a căldurii, deoarece produsele ce urmează a se arde sunt foarte variate, deasemenea mărimea și dispoziția capsulelor variază dela șarje la șarje. Din aceste motive calculul s'a făcut după metoda generală pe bază de indici și anume:

— consumul specific în kg combustibil convențional pe m³ de cuptor și ciclu;
— raportul dintre consumul maxim și mediu.

Având caracteristicile combustibilului (gaze naturale) și durata de ardere (determinată din diagrama de ardere) s'a determinat

— consumul mediu orar m³/h și
— consumul maxim orar m³/h.

Ulterior, după calculul dinamic al gazelor arse s'a verificat consumul de mai sus prin metoda căderii de temperatură a gazelor arse.

Compoziția gazelor naturale:

CH_4	98,51%	în greutate, sau	99,280%	în volum
C_nH_{2n}	0,80%	în greutate, sau	0,335%	în volum
O_2	0,20%	în greutate, sau	0,101%	în volum
N_2	0,49%	în greutate, sau	0,284%	în volum

Puterea calorifică inferioară $Q_i = 8125$ kcal/m³N.

Indicele de consum al combustibilului convențional (7000 kcal/kg)=220 kg/m³ de cuptor.

Consumul total de combustibil al cuptorului va fi:

$$Q = \frac{V \times 220 \times 7\,000}{Q_i} = 6\,630 \text{ m}^3 \text{ N (pentru un ciclu de ardere)} \quad (4)$$

m³ N = metri cubi normal la O°C și 760 mm Hg.

$$\frac{\text{Consumul total pe ciclu}}{\text{Durata perioadelor la ardere}} = \frac{6\,630}{40} \approx 166 \text{ m}^3/\text{Nh}$$

Raportul dintre consumul maxim și cel mediu fiind dat 1,34 rezultă consumul orar:

$$V_{gn} = 166 \times 1{,}34 = 222 \text{ m}^3\text{N/h}. \quad (5)$$

Acest consum deasemenea se verifică mai departe pe altă cale.

Aerul necesar combustiei și cantitatea de gaze arse. Având compoziția combustibilului, cu ajutorul formulelor de ardere s'a determinat cantitatea de aer necesară combustiunei precum și cantitatea de gaze arse rezultate

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O \quad (6)$$

Deci pentru 1 m³N de gaz metan sunt necesari 2 m³ de O_2 sau cantitatea corespunzătoare de aer. Este de remarcat că arderea porțelanului electrotehnic se face cu flacără lungă, cu un exces de aer foarte mic ($\alpha = 1{,}05...1{,}15$) în vederea obținerii unei temperaturi cât mai uniforme.

Cantitatea de aer necesară arderei și gazele arse rezultate din arderea unui m³ de combustibil va fi:

$$1\text{ m}^3 CH_4 + \frac{2}{0{,}21}\text{ m}^3 \text{ aer} = 1\text{ m}^2\, CO_2 + \frac{2 \times 0.79}{0{,}21}\text{m}^3 N_2 + 2\text{ m}^3 H_2O \quad (7)$$

iar pentru hidrocarburile superioare (se socotește C_3H_6)

$$2\text{ m}^3 C_3H_6 + \frac{9}{0{,}21}\text{ m}^3 \text{ aer} = 6\text{ m}^3 CO_1 + \frac{9 \times 0{,}79}{0{,}21}\text{ m}^3 N_2 + 6\text{ m}^3 H_{20} \quad (8)$$

Pentru consumul orar 222 m³/h [formula (5)] vor fi:

CH_1	$222 \times 0{,}9928$	=	220,4 m³/h
C_1H_1	$222 \times 0{,}00335$	=	0,743 m³/h
C_1	$222 \times 0{,}0010$	=	0,224 m³/h
N_1	$222 \times 0{,}0028$	=	0,633 m³/h

de unde rezultă gaze arse:

CO_2 $220{,}4 + 3 \times 0{,}743 = 222$ m³/h 9,55%

$$N_2 \quad 222 \times \frac{2 \times 0{,}79}{0{,}21} + \frac{0{,}743 \times 4.5 \times 0{,}79}{0{,}21} = 1669 \text{ m}^3/\text{h } 71{,}5\%$$

$$HO_2 \quad 220 \times 2 + 0{,}743 \times 3 = 442 \text{ m}^3/h \quad 18{,}95\% \quad (9)$$

$V_{ga} = 2\,333$ m³N/h

Aerul teoretic necesar combustiunei va fi:

$$A_t = \frac{2}{0{,}21} \times 220 - \frac{0{,}224}{0{,}21} + \frac{9 \times 0{,}743}{0{,}21} = 2\,121 \text{ m}^3\text{N/h} \quad (10)$$

Aplicând un exces de aer = 1,15 aerul necesar va fi:

$$\frac{2\,121}{222} \times 1{,}15 = 11 \text{ m}^3\text{N/m}^3 \text{ N gaz} \quad (11)$$

Temperatura de ardere. Având determinată cantitatea de gaze arse şi cantitatea de căldură degajată prin ardere, s'a determinat cantitatea de căldură ce revine la m³ de gaze arse.

$$I = \frac{W_{gn} \times Q_i + A_t \times t_a \times C_a + V_{gn} \times t_a \times C_{gn}}{V_{ga}} = 780 \text{ kcal/m}^3 \quad (12)$$

unde :

I este căldura conţinută într'un m³ gaze arse ;
Q_i — puterea calorifică inferioară ;
A_t aerul teoretic necesar combustiei pe oră ;
t_a — temperatura aerului ambiant ;
C_a — conţinutul de căldură pe m³N pentru aer ;
C_{gn} — conţinutul de căldură pe m³N pentru gazul natural ;
V_{gn} consumul maxim orar de gaze naturale ;
V_{ga} — volum gaze arse pe oră.

Având cantităţile compuşilor gazelor arse şi cunoscând căldurile lor specifice la diferite temperaturi (din tabele) s'a determinat din aproape în aproape temperatura teoretică de ardere.

CO_2 — $0{,}0955 \times C_1 \times t_t = q_1$
H_2O $0{,}1895 \times C_2 \times t_t = q_2$
N_2 $0{,}7150 \times C_3 \times t_t = q_3$
Total . . . 780 kcal/m³N (13)

prin încercări s'a ajuns la $t_t = 1987°C$.

Ţinând seamă de coeficientul pirometric şi de faptul că în focar arderea este incomplectă s'a determinat temperatura reală de ardere în focar 1450°C.

Arzătoarele. Numărul arzătoarelor (n) s'a determinat în baza unei formule practice, în funcţie de diametrul exterior al cuptorului (D)

$$n = \frac{D}{0{,}75} \approx 8 \quad (14)$$

Având presiunea de lucru a gazului din conductă şi greutatea lui specifică, în baza formulei teoretice de scurgere prin conductă şi a coeficientului de corecţie ψ, s'a determinat viteza reală de scurgere a gazului în conductă (V) în m/s.

Consumul de gaz pe arzător va fi :

$$q = \frac{222}{8} = 28 \text{ m}^3\text{N/h} \quad (15)$$

$$V = \Psi \sqrt{\frac{2gh}{\gamma}} = 39{,}2 \text{ m/s} \quad (16)$$

în care :

$\Psi = 0{,}85$;
h — presiunae gazului în conductă = 80 mm c.a. ;
γ — greutatea specifică a gazului = 0,716 kg/m³.

Având debitul necesar pe arzător şi viteza de scurgere, s'a determinat diametrul duzei :

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot q}{\pi \cdot V}} \approx 16 \text{ mm} \quad (17)$$

iar diametrul difuzorului va fi :

$$D = d + 1 \cdot 2 \text{ tg } 9° = 95 \text{ mm.}$$

Prin acţiunea de ejectare a fascicolului de gaz, o parte din aerul necesar arderii este antrenat de gaz, iar restul este absorbit prin depresiune. Cantitatea de aer ejectat s'a calculat în baza vitezei constante a fascicolului în difuzor pe distanţa de 250 mm şi ţinându-se seama de creşterea de temperatură dealungul fascicolului de gaz.

Amestecul de gaz încălzindu-se până la 1 200°C mărirea volumului specific va fi :

$$\frac{V_{1200}}{V_0} = \frac{T}{T_0} = 5{,}41 \quad (18)$$

iar

$$\frac{Q \text{ (debitul de amestec)}}{Q \text{ (debitul de gaz)}} = \frac{d^2}{D^2} = 35{,}2 \quad (19)$$

Aerul ejectat va fi deci :

$$\frac{35{,}2}{5{,}41} - 1 = , \; 5{,}5 \text{ m}^3\text{N aer/m}^3\text{N gaz} \quad (20)$$

Cunoscând cantitatea de aer ejectat se determină cantitatea de aer ce trebue absorbită prin depresiune :

Aerul necesar pentru arderea unui m³ de gaz fiind 11 m², consumul de aer pe arzător şi oră va fi :

$$11 \times 28 = 308 \text{ m}^3\text{N} \quad (21)$$

deci trebue absorbit prin depresiune :

$$308 - (5{,}5 \times 28) = 154 \text{ m}^3\text{N} \quad (22)$$

Având secţiunea orificiului din zidul cuptorului în care este amplasat arzătorul, precum şi cantitatea de aer ce trebue absorbită prin depresiune se determină depresiunea necesară care trebue să fie creată de tiraj în locaşul arzătorului.

Adoptând secţiunea orificiului din peretele cuptorului $S = 0{,}2 \times 0{,}2 = 0{,}04$ m² secţiunea neocupată de arzător va fi :

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = 0{,}033 \text{ m}^2 \quad (23)$$

Viteza de absorbţie necesară (V_a) va fi :

$$V_a = \frac{154}{3600 \times 0{,}033} = 1{,}3 \text{ m/s} \quad (24)$$

iar depresiunea necesară (Δ_p)

$$\Delta_p = \frac{V_s}{2_g} = 0{,}112 \text{ mm c.a.} \quad (25$$

Pentru a avea posibilitatea de reglaj s'a adoptat o secţiune S mai mare prevăzută cu şuber de reglaj.

Grosimea pereților și bolții. Pentru pereți s'au adoptat 4 straturi de zidărie și anume : în interior zidăria de șamotă rezistentă la temperatura de 1450°C.

Stratul al doilea zidărie de șamotă rezistență la 1 200°C.

Stratul al treilea cărămidă termoizolantă de diatomită rezistentă la 900°C și ultimul strat din cărămidă roșie bine arsă.

Adoptând grosimi normale de cărămizi, în baza formulelor de calcul al pierderilor de căldură în regim staționar și pentru temperatura maximă în cuptor s'a determinat grosimea stratului termoizolant și s'au verificat temperaturile maxime admisibile în fiecare strat.

Coeficientul pierderilor de căldură prin convecție și radiație dela suprafața exterioară a peretelui spre mediul ambiant va fi :

$$\alpha_a = \frac{[2.2\,(t_e - t_a)^{5/4} + C\left[\left(\frac{t_e + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{t_a + 273}{100}\right)^4\right]}{t_e - t_a} =$$

$$= 9{,}56 \text{ kcal/m}^2\text{h°C} \qquad (26)$$

în care :

t_e este temperatura suprafeței exterioare a peretelui ;
t_a — temperatura aerului ambiant ;
C — coeficient, pentru zidărie egal cu 4.

Căldura radiată de peretele cilindric pe ml din înălțimea cuptorului este :

$$q_1 = \alpha_a\,(t_e - t_a)\,\pi\,d_1 = 12\,000 \text{ kcal/ml.h}$$

ceeace revine la 696 kcal/m².

Temperatura flăcării în interiorul cuptorului trebue să varieze dela focar până la orificiile din podea dela 1450°C la 1410°C.

Temperatura medie de calcul, din camera cuptorului va fi :

$$t_g = \frac{1\,450 + 1\,410}{2} = 1\,430°\text{C} \qquad (28)$$

Aflând în mod analog ca mai sus coeficientul de transmitere a căldurii dela gazele arse spre peretele interior (prin convecție și radiere) :

$$\alpha_g = 50 \text{ kcal/m}^2 \text{ h°C}$$

Determinăm temperatura peretelui interior al cuptorului din relația :

$$q_i = \alpha_g\,(t_g - t_i) \qquad (29)$$

$q_i = q_e$ deoarece în regim staționar căldura primită de perete în interior este egală cu căldura cedată de perete spre exterior :

$$t_i = t_g - \frac{q_i}{\alpha_g} = 1\,409\,°\text{C} \qquad (30)$$

Având coeficienții de conductibilitate calorică în funcție de temperatură pentru zidărie :

$$\lambda_t = \lambda_0\,(1 + b_1\,t) \qquad (31)$$

și folosind formula de transmitere a căldurii în interiorul zidăriei de formă cilindrică :

$$q = \lambda \frac{\left(1 + b\,\frac{t_i + t_2}{2}\right) \cdot (t_1 - t_2)}{l_n \frac{d_2}{d_1}} \text{ kcal/ml h.} \qquad (32)$$

am determinat succesiv grosimea diferitelor straturi de zidărie, ținând seamă de căderile de temperatură admisibile și de dimensiunile normalizate ale cărămizilor :

Stratul I	Samotă KS 34	$\delta_1 = 250$ mm	temp. max. 1409°C
Stratul II	Șamotă KS 32	$\delta_2 = 250$ mm	temp. max. 1200°C
Stratul III	Diatomit	$\delta_3 = 100$ mm	temp. max. 870°C
Stratul IV	Cărămidă roșie	$\delta_4 = 250$ mm	temp. max. 440°C

Grosimea totală a zidului va fi deci 850 mm.

Determinarea grosimei bolții. Pentru boltă s'au adoptat două straturi de cărămidă de șamotă, primul rezistent la 1450°C, iar al doilea la 1 200°C. Din cauza dilatărilor neegale, cele două straturi s'au calculat să formeze bolți independente separate printr'un spațiu liber de aer, care servește și ca strat termoizolant.

Pentru împiedecarea curenților de convecție și îmbunătățirea proprietăților termoizolante, stratul de aer va fi umplut parțial cu spărturi de șamotă.

Coeficientul de transmitere a căldurii dela peretele exterior al bolții spre mediul ambiant s'a determinat în mod analog ca pentru peretele lateral al cuptorului, găsindu-se :

$$\alpha_a = 11{,}6 \text{ kcal/m}^2\text{. h. }^0\text{C.}$$

Pierderea de căldură prin boltă s'a calculat pe baza formulei :

$$Q = \alpha_a F_e \cdot (t_e - t_a) = 13\,000 \text{ kcal/h} \qquad (33)$$

unde

$$F_e = \text{suprafața bolții} = 2\pi\,R_e^2\left(1 - \frac{\cos\beta}{2}\right) = 18{,}5 \text{ m}^2$$

$$q = \frac{Q}{F_e} = 702 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h.} \qquad (34)$$

Temperatura interioară a bolții va fi :

$$t_i = t_g - \frac{Q}{\alpha_g \cdot F_i} = 1\,408°\text{C.} \qquad (35)$$

Suprafața interioară a bolții va fi :

$$F_i = 2\pi\,R_1^2\left(1 - \frac{\cos\beta}{2}\right) = 11{,}8 \text{ m}^2.$$

Având coeficientul de conductibilitate calorică în funcție de termperatură pentru diferite straturi ale zidăriei :

$$\lambda_t = \lambda_0\,(1 + b_t)$$

și folosind formula de transmitere a căldurii în interiorul zidăriei bolții în formă de calotă sferică :

$$\frac{Q}{1 - \frac{\cos\beta}{2}} - \frac{1}{2r_1 r_2 \lambda} = (t_1 - t_2)\left(1 + b_1 \cdot \frac{t_1 + t_2}{2}\right) \qquad (36)$$

(obținută prin integrarea ecuației Fourier $Q = -\lambda_n F \frac{dt}{dr}$).

S'a determinat succesiv grosimea diferitelor straturi de zidărie ținând seama de căderile de temperatură admisibile și de dimensiunile normalizate ale cărămizilor :

Stratul I Șamotă KS 35 grosimea = 300 mm temperatura maximă 1408°C

Stratul IISăpături șamotă KS 32 grosimea = 100 mm temperatura maximă 1150°C

Stratul IIIȘamotă KS 32 grosimea = 250 mm temperatura maximă 1063°C

Stratul IV Kieselgur grosimea = 100 mm temperatura maximă 681°C

Grosimea podelei până la fundație. Grosimea podelei cuptorului s'a determinat astfel încât

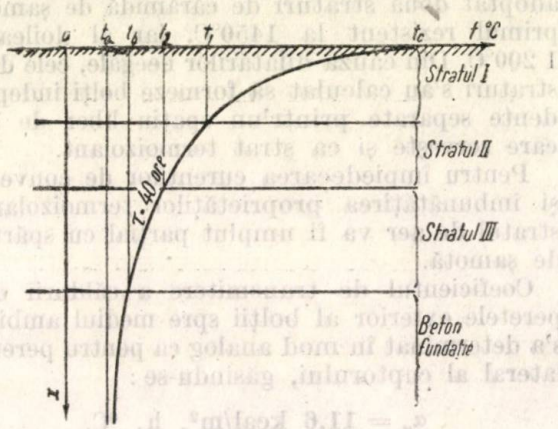


Fig. 11. Diagrama variației, temperaturii în raport cu adâncimea podelei

temperatura la suprafața betonului de fundație să fie în jurul a 100°C. S'au adoptat 3 straturi de cărămidă și anume la interior un strat de cărămidă de șamotă rezistentă la 1 350°C, al doilea strat din cărămidă de șamotă rezistentă la 1 200°C, al treilea strat din cărămidă roșie bine arsă, mai departe urmând fundația din beton.

Pentru calculul pierderilor de căldură prin podea (zid de grosime infinită) am aplicat teoria transmiterii de căldură în regim nestaționar.

Câmpul nestaționar al temperaturilor depinde de doi factori timpul τ și adâncimea x.

In diagrama din figura 11 se arată variația temperaturii în funcție de adâncimea podelei pentru durata de ardere 40 ore.

Grosimea zidăriei podelei este astfel calculată încât materialul să reziste la temperaturile maxime la care este supus.

Determinarea câmpului de temperaturi s'a făcut în baza ecuației diferențiale :

$$\frac{\partial \delta}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 \delta}{\partial x^2} \qquad (37)$$

în care δ este diferența de temperatură la un moment dat, a unui punct de adâncimea x dela suprafața podelei, față de temperatura dela suprafața podelei.

Condițiile inițiale sunt :

$$\tau = 0 \qquad \delta = t_e - t_0 = \Delta_t$$
$$x = 0 \qquad t = t_0$$

iar pentru τ mai mare ca 0 :

$$\tau > 0$$
$$x = 0 \qquad t = t_e \text{ și } \delta = 0.$$

Dintre soluțiile ecuației diferențiale aceea care s'a aplicat în cazul considerat a fost :

$$t = t_e + (t_0 - t_c)\, E_{rf} \cdot \frac{x}{2\sqrt{\tau a}} \qquad (38)$$

în care

$$E_{rf} = \frac{X}{2\sqrt{a\tau}} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\frac{x}{2\sqrt{a\tau}}} \exp(-\xi^2)\, d\xi$$

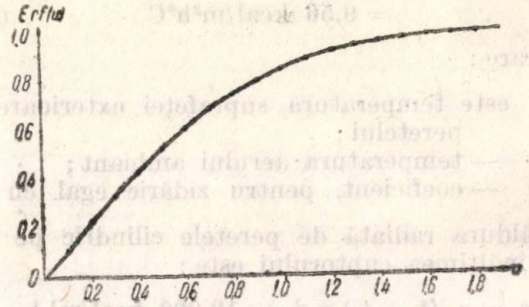


Fig. 12. Graficul integralei $Erf(u) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^u e^{-u^2} du$.

Această integrală constitue o soluție a ecuației

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 t}{dx^2}$$

u	$Erf(u)$	u	$Erf(u)$
0,00	0,0000	1,10	0,8802
0,10	0,1125	1,20	0,9103
0,20	0,2227	1,30	0 9340
0,30	0 3286	1,40	0,9523
0,40	0,4284	1,50	0,9661
0,50	0,5205	1,60	0,9763
0,60	0,6039	1,70	0,9838
0,70	0,6778	1,80	0,9891
0,80	0,7421	1,90	0,9928
0,90	0,7969	2,00	0,9953
1,00	0,8427	∞	1

Această integrală este identică cu integrala erorilor

$$\frac{2}{\pi} \int_0^u e^{-u^2} du.$$

In figura 12 se dă graficul integralei erorilor determinat prin calculul integralei pentru valori succesive ale lui u,

Valoarea lui $E_{rf} \frac{X}{2\sqrt{\tau a}}$ s'a determinat din graficul integralei erorilor, cunoscând τ și a

Q este coeficient de conductibilitate al temperaturilor;

$a = \frac{\lambda}{\gamma C_p}$; pentru şamotă s'a calculat:

$a = 1{,}52 \times 10^{-3}$ iar pentru cărămida roşie:

$a = 1{,}505 \times 10^{-3}$.

Calculul s'a executat pentru zidăria podelei canalelor radiale de fum, prin care gazele circulă cu temperatura de 1 350°C.

Din datele practice existente s'a adoptat temperatura iniţială a suprafeţei podelei canalului (pentru ciclul de funcţionare a cuptorului 5 zile) $t° = 56°C$.

Adoptând 3 straturi de cărămidă în podea şi anume:

Stratul I şamotă KS 34 de grosime 250 mm
Stratul II şamotă KS 30 de grosime 250 mm
Stratul III cărămidă roşie de grosime 250 mm

Cu ajutorul soluţiei ecuaţiei diferenţiale s'au verificat temperaturile maxime din material şi temperatura maximă la suprafaţa betonului de fundaţie:

Pentru şamota KS 30 temperatura maximă 664°C
Pentru cărămida roşie temperatura maximă 244°C
Pentru betonul din fundaţie temperatura maximă 90°C

Canalele de fum şi dinamica cuptorului. Pentru canalele de fum s'a adoptat construcţia de concepţie sovietică şi anume: canale radiale şi circulare sub podea.

Dimensionarea canalelor s'a făcut în baza consumului maxim şi ţinând seama de următoarele recomandări:

a) Presiunea la nivelul podelei cuptorului să fie cuprinsă între 0 şi 0,5 mm c.a.

b) Viteza gazelor arse în orificiile podelei să fie cuprinsă între 12 şi 16 m/s.

c) Viteza gazelor în canale sub podea şi în canalul colector 3...5 m/s.

Pentru obţinerea unei rezistenţe minime în canalele arzătoarelor, aflate în peretele cuptorului şi pentru realizarea unei flăcări lungi şi lente aceste canale au fost proectate oblice, deschiderea spre camera cuptorului fiind lărgită în formă de difuzor şi ţinând loc de focar.

Suprimarea focarului a contribuit în parte la obţinerea unei arderi fără turbioane cu o flacără mai lungă şi temperatură mai uniformă.

Pentru o bună repartizare a căldurii în camera cuptorului, poziţia orificiilor din podea au fost determinate în baza unei curbe de repartizare arătată în figura 13.

Construcţia podelei este astfel concepută încât în perioada de reglaj a cuptorului să se poată corecta secţiunea orificiilor din podea.

Calculul dinamic al cuptorului s'a făcut pe porţiuni cu secţiuni constante.

Pentru fiecare porţiune s'au introdus în calcul valorile medii ale temperaturilor şi presiunilor.

Calculul variaţiei presiunilor s'a făcut cu ajutorul ecuaţiei lui Bernoulii pusă sub formă mai comodă:

$$(p - p_z) = (p_1 - p_0) + \frac{W_2^1 - W_2^2}{2g}\gamma + Z(\gamma_a - \gamma_g) - h_r \qquad (39)$$

în care: $(p - p_2)$ şi $(p_1 - p_2)$ sunt presiunile statice (piezometrice) la începutul şi la capătul canalului, $\frac{W_1^2 - W_2^2}{2g}\gamma$ este variaţia de presiune datorită variaţiei energiei cinetice, $Z(\gamma_a - \gamma_g)$ este presiunea geometrică iar h_r reprezintă pierderea totală de presiune datorită frecărilor de pereţi şi rezistenţelor locale.

Pentru a ţine seama de variaţiile climaterice s'a luat la gura coşului o suprapresiune de 4 mm.

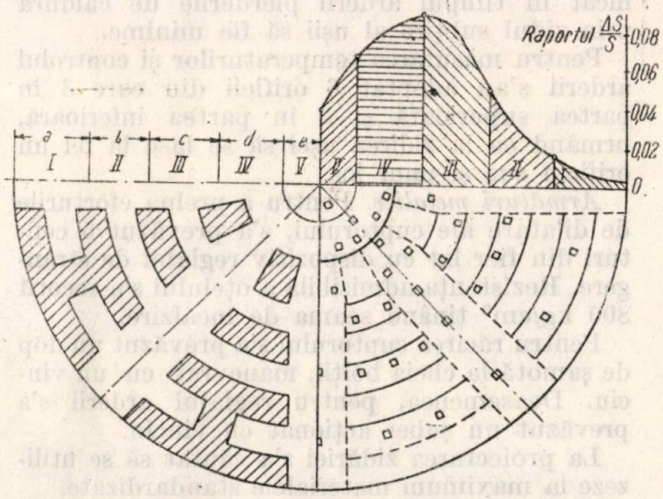


Fig. 13. Grafic pentru determinarea orificiilor din podea.

Calculele au fost prezentate sub formă de tabelă, conţinând următoarele coloane:

1) denumirea porţiunei de canal;
2) lungimea canalului l;
3) secţiunea canalului f;
4) numărul de canale identice;
5) secţiunea totală $\Sigma f = F$;
6) perimetrul canalului P;
7) diametrul hidraulic al canalului $D_4 = \frac{4F}{P}$;
8) înălţimea canalului ΔH;
9) temperatura medie a gazelor;
10) greutatea specifică a gazelor la temperatura $t°C = \gamma_t$;
11) debitul de gaz Q_t;
12) viteza gazelor $W = \frac{Qt}{F}$;
13) presiunea dinamică a gazelor $h_g = \frac{\gamma_t \cdot W^2}{2g}$;
14) variaţia presiunei dinamice $\Delta\, hg$;
15) variaţia presiuneai geometrice ΔH $(\gamma_a - \gamma_g)$;
16) ... 23) coeficientul şi pierderi de presiuni din rezistenţe locale;
24) coeficient de frecare (pentru zidărie) $\xi = 0{,}05 \cdot \frac{1}{D_h}$;
25) pierderi de presiune prin frecare;
26) suma pierderilor de presiune: $\Delta h_g + \Delta p$
27) suma pierderilor de presiune din frecare şi locale;
28) pierderea de presiune totală;

29) presiunea gazelor la începutul canalului ;
30) presiunea gazelor la capătul canalului.

Tabela este foarte comodă pentru calcul şi uşurează cercetarea tuturor elementelor dinamice ale cuptorului.

Din calculul executat a rezultat :

Presiunea la nivelul podelei cuptorului 0,145 mm c.a. (cuprinsă în limitele admisibile) şi înălţimea coşului 14 mm(având asigurată supra-presiune de 4 mm c.a.

Uşa şi orificiile de supraveghere. Pentru golul uşii s'au adoptat dimensiuni minime, astfel încât în timpul arderii pierderile de căldură prin zidul subţire al uşii să fie minime.

Pentru măsurarea temperaturilor şi controlul arderii s'au adoptat 6 orificii din care 3 în partea superioară şi 3 în partea inferioară, urmând ca la zidirea uşei să se lase la fel un orificiu sus şi unul jos.

Armături metalice. Pentru a prelua eforturile de dilatare ale cuptorului, s'a prevăzut 5 centuri din fier lat cu dispozitiv reglabil de strângere. Rezistenţa admisibilă a oţelului s'a socotit 800 kg/cm^2 ţinând seama de încălzire.

Pentru răcirea cuptorului s'a prevăzut un dop de şamotă la cheia boltii, manevrat cu un vinciu. Deasemenea, pentru reglajul arderii s'a prevăzut un şuber acţionat cu vinciu.

La proiectarea zidăriei s'a căutat să se utilizeze la maximum materialele standardizate.

Concluzii. Din cele expuse mai sus, se constată următoarele :

Arderea porţelanului electrotehnic este opeţiunea cea mai importantă din ciclul de fabricaţie al porţelanului şi trebue executată după un regim bine determinat, iar construcţia cuptorului trebue să fie astfel concepută încât să asigure realizarea şi reglarea acestui regim în condiţiuni optime, atât din punct de vedere tehnic cât şi economic.

Prin desvoltarea vertiginoasă a ştiinţei şi tehnicei sovietice în ultimii 30 ani, prin concepţii noi şi studii experimentale metodice în termofizică bazată pe teoria similitudinei s'au putut realiza nu numai progrese remarcabile în cunoaşterea mecanismului şi naturii fenomenelor complexe de ardere în cuptoare, dar s'au creiat şi metode noi de calcul care asigură obţinerea condiţiunilor celor mai eficace de funcţionare a agregatelor, realizându-se productivitate şi calitate superioară.

In industria noastră de porţelan electrotehnic, problema arderei porţelanului nu este încă complect rezolvată. cuptoarele vechi existente neputând satisface exigenţele din ce în ce mai mari de calitate şi productivitate. In aceste condiţii s'a construit noul cuptor pilot care să servească ca model pentru modificarea cuptoarelor vechi şi construcţia de cuptoare noi.

Rezultatele sunt excelente, cu toate greutăţile întâmpinate şi constitue încă o dovadă de superioritatea incontestabilă a ştiinţei şi tehnicei sovietice.

★

ОБЖИГ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ФАРФОРА И НОВОІЕ В КОНСТРУКЦИИ КРУГЛЫХ ПЕЧЕЙ РАБОТАЮЩИХ НА ПРИРОДНОМ ГАЗЕ

Р е з ю м е

После вступления в котором указывается значение обжига в процессе производства электротехнического фарфора, переходится к детальному описанию процесса обжига, даются диаграммы и практические данные.

Далее описываются круглые печи, даются проектные и конструктивные данные, используя богатый советский опыт.

TEHNICA USCĂRII INDUSTRIALE CU RADIAȚII INFRAROȘII

Ing. A. BERMAN

Articolul de față analizează metodele de uscare industriale și prezintă un nou procedeu de uscare cu radiații infraroșii. După prezentarea sistemelor de uscare prin convecție și conductibilitate, se arată principiile noului sistem de uscare, izvoarele întrebuințate și avantajele acestui sistem de uscare față de alte sisteme.

Procesele de uscare a semifabricatelor precum și a produselor finite ocupă un loc important în toate domeniile de producție, ele fiind adesea hotărîtoare pentru mărirea producției și productivității muncii. Tehnicei moderne îi revine rolul de a îmbunătăți metodele de uscare astfel încât să reducă timpul de uscare, să mărească siguranța în exploatare, să reducă spațiul necesar instalațiilor și să asigure desfășurarea procesului de uscare în sistem bandă rulantă.

Lămpile pentru radiații infraroșii au adus în ultimul timp un aport însemnat la tehnica uscării, reușind ca în multe domenii să înlocuiască, în instalații adecuate, instalațiile bazate pe alt principiu decât acela al încălzirii prin radiații.

Uscarea constă în general în evaporarea apei sau a unui alt lichid de la suprafața sau din profunzimea obiectului de uscat. In anumite cazuri se produce în același timp cu uscarea și o transformare chimică, de exemplu oxidarea însoțind întărirea lacurilor cu ulei sau polimerizarea lacurilor sintetice.

Procesele de uscare se accelerează prin încălzire care este în funcție, în primul rând, de transferul căldurii de la izvor la obiectul de uscat.

Transferul căldurii se face prin :

— conductibilitate ;

— convecție ;

— radiație.

Transferul de căldură prin conductibilitate necesită existența unui mediu bun conductător de căldură — în genere solid — care să asigure schimbul de energie.

In cazul convecției căldura produsă de izvor este transferată corpului de încălzit prin intermediul unui fluid, repartizarea căldurii în masă făcându-se prin circulația porțiunilor de diferite densități, circulație care formează curenții de convecție folosiți în această metodă.

Incălzirea prin radiații se face prin transformarea în căldură a energiei absorbite de corpul de uscat de la un izvor de radiații ale cărui caracteristici (lungime de undă, intensitate și distribuție spectrală și spațială a radiației) depinde de construcția radiatorului.

La încălzirea prin conductibilitate sau convecție, transferul de energie este proporțional cu diferența de temperatură dintre mediu și corpul de încălzit. Pe măsură ce corpul se încălzește, viteza de ridicare a temperaturii scade, scăderea vitezei de încălzire devenind cu atât mai accentuată cu cât se micșorează diferența de temperatură dintre corp și mediu.

In cazul încălzirii prin radiații provenite de la un izvor de radiații de temperatură mult mai ridicată decât cea la care trebue să ajungă corpul de încălzit, cantitatea de energie transferată este practic independentă de temperatura corpului.

Viteza de încălzire este frânată în acest caz numai de eventualele efecte de răcire prin curenții de convecție din jurul corpului sau de reflexia sau reradierea unei părți de energie de către corp. Efectul practic al diferenței dintre cele două fenomene se manifestă prin faptul că în timp ce prin convecție obiectele de tratat nu pot depăși temperatura aerului înconjurător (deobicei 150°C) și se încălzesc încet, cu ajutorul radiațiilor corpurile pot fi încălzite până la 300°C, practic independent de temperatura aerului înconjurător.

Principiile încălzirii prin radiații. Caracteristicile radiației termice emise de corpurile încălzite pot fi descrise complet prin temperatura lor ; în procesul de emisie al radiației nu intervin fenomenele chimice sau de luminiscență.

Dacă $e_{\lambda T}$ este puterea emisivă a unui corp, $E_{\lambda T}$ aceeași mărime pentru corpul negru și $a_{\lambda T}$ puterea absorbantă a corpului la aceeași λ și T, adică raportul dintre energia radiantă absorbită și cea incidentă asupra corpului, legea lui Kirchhoff pentru corpul negru este

$$\frac{e_{\lambda T}}{a_{\lambda T}} = E = f(\lambda, T). \qquad (1)$$

Relația (1) arată că puterea emisivă a corpului considerat și cea absorbantă pentru aceeași λ și T este egală cu puterea emisivă a corpului negru la aceeași temperatură și lungime de undă ; $a_{\lambda T}$ este mai mic sau cel mult egal cu 1. Rezultă că un corp va emite cu atât mai multă energie cu cât va avea o putere de absorbție $a_{\lambda T}$ mai mare, deci cu cât se va apropia mai mult de corpul negru.

Determinând cantitatea de energie emisă sub formă de radiație totală (radiația de toate lungimile de undă pe care corpul este capabil să le emită) de unitatea de suprafață a corpului negru, Ștefan a tras concluzia că ea este proporțională cu puterea a 4-a a temperaturii absolute T, sau

$$W = \sigma T^4 \qquad (2)$$

unde $\sigma = 5{,}662 \times 10^{-12}\ W\ cm^{-2}\ grad^{-4}$.

Legea lui Ștefan, complectată de Boltzman, arată dela început superioritatea încălzirii prin energie radiantă, care crește cu puterea a 4-a a temperaturii față de energia transmisă prin convecție sau conductibilltate care sunt funcții de temperatură la puterea întâia.

Pentru a putea trage concluzii asupra energiei radiate mai trebue amintită legea lui Wien, care arată că produsul dintre lungimea de undă a radiației cele mai intense din spectru și temperatura corpului negru emițând această radiație, este o constantă,

$$\lambda_{max} \times T = \text{const.} = 0{,}2896 \text{ cm} \cdot \text{grad} \quad (3)$$

precum și legea lui Planck, care determină distribuția energiei radiate asupra diferitelor lungimi de undă din spectrul corpului negru

$$E_{\lambda T} = c_1 \lambda^{-5} \frac{1}{e^{\frac{c_2}{\lambda T}} + 1} \quad (4)$$

unde $C_1 = 3{,}74 \cdot 10^{-12}$ W cm² și $c_2 = 1{,}438$ cm.grad.

Astfel de exemplu, pentru corpul negru încălzit la 2 000°K maximul de energie este radiată pe lungimea de undă de 1,45 μ pe când același corp încălzit la 3 000°K radiază ,maximul de energie la 0,97 μ.

În domeniul lungimilor de undă pentru care $\lambda T > 0{,}3$ cm grad, $e^{\frac{c_2}{\lambda T}} \gg 1$, legea lui Planck se poate scrie sub forma legii lui Wien, valabilă pentru domeniul vizibil și al infraroșului apropiat :

$$E_{\lambda T} = c_1 \lambda^{-5} e^{-\frac{c_2}{\lambda T}} \quad (5)$$

Din relația (4) reiese că distribuția energiei radiate de corpul negru se modifică prin schimbarea temperaturii. Figura 1 arată repartiția

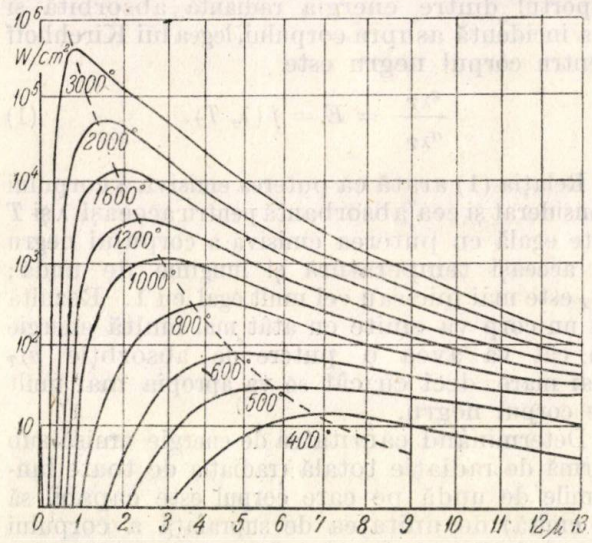


Fig. 1. Distribuția spectrală a energiei radiate de corpul negru, calculată din formula lui Planck pentru diverse temperaturi în °K.

spectrală a energiei radiate de corpul negru la diferite temperaturi, în scară logaritmică. Curba punctată reprezintă deplasarea maximului energiei emise în funcție de temperatură (legea de deplasare a lui Wien, relația (3)).

Corpurile pentru care a este independent de λ se numesc radiatori cenușii (ex. cărbunele), distribuția spectrală a acestora fiind proporțională cu a corpului negru, toate ordonatele fiind reduse în același raport (fig. 2, curba b). La cele mai multe corpuri a depinde de λ și T ; curbele de distribuție diferă de cele ale corpului negru și cenușiu iar radiatorii respectivi se numesc selectivi (fig. 2, curba c). Exemplu de radiatori selectivi sunt wolframul, ceramica.

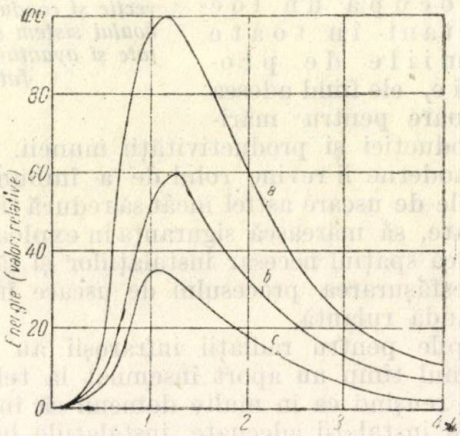


Fig. 2. Distribuția spectrală a corpului negru (curba a), a corpului cenușiu (curba b) și a wolframului (curba c).

Din cele expuse rezultă că energia radiată totală [ecuația (2)] este proporțională (cu un factor σ′ care depinde de natura corpului) cu puterea a 4-a a temperaturii absolute pentru corpurile negre și cenușii, și cu altă putere a temperaturii absolute pentru radiatorii cenușii. Pentru wolfram energia totală radiată în unitatea de timp între 2 000 și 3 000°K este, de exemplu, dată de relația

$$P = 5{,}97 \cdot 10^{-17} T^{4,7} \text{ W cm}^{-2}$$

Izvoare de radiații infraroșii. Pentru a putea folosi încălzirea cu radiații infraroșii pe scară industrială tehnica a mers pe drumul creerii unor izvoare care să fie ieftine și ușor adaptabile. După o clasificare subiectivă izvoarele de radiații infraroșii pot fi împărțite în :

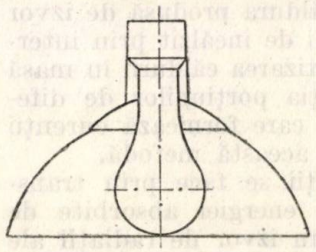


Fig. 3. Lampă pentru radiații infraroșii cu reflector exterior.

a) izvoare luminoase de radiații infraroșii ;

b) izvoare întunecate de radiații infraroșii ; după cum radiațiile infraroșii sunt sau nu însoțite de o cantitate apreciabilă de radiații luminoase. Izvoarele luminoase de radiații infraroșii radiază energia în intervalul de lungimi de undă cuprins între 0,5 și 3 μ având maximul de energie radiată situat la 1,2...1,4 μ, pe când izvoarele întunecate de radiații infraroșii radiază energia în intervalul de lungimi de undă cuprins între 0,8 și 10 μ având maximul de energie radiată situat la 5...8 μ.

Lămpile cu incandescență, special construite alcătuesc izvoare luminoase excelente de radiații

infraroşii (fig. 3 şi 4). In aceeaşi categorie pot fi înglobate arzătoarele de ceramică, special construite, care sunt încălzite cu flacără de gaz metan. La aceste arzătoare, partea neluminoasă a flăcării este rabătută de o piesă din ceramică către radiatorul propriu zis (fig. 5).

Izvoarele întunecate de radiaţii infraroşii sunt alcătuite din corpuri de silită (carbură de siliciu) încălzite electric sau din rezistenţe electrice astfel dimensionate încât emisiunea de energie radiată în domeniul infraroşu să nu fie însoţită de radiaţii luminoase apreciabile. Un tip de astfel de izvor este arătat în figura 6.

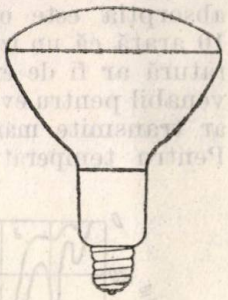


Fig. 4. Lampă pentru radiaţii infraroşii cu reflector interior.

Pentru concentrarea radiaţiilor asupra produsului de uscat se dă chiar radiatorului o formă concavă de reflector (fig. 5) sau, izvoa-

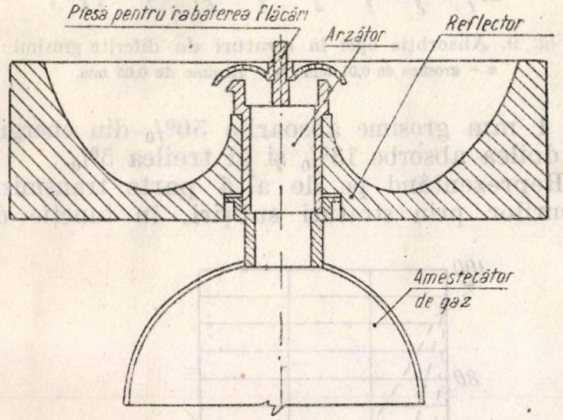


Fig. 5. Izvor de radiaţii infraroşii din ceramică, funcţionând cu gaz metan.

rele de radiaţii sunt plasate în interiorul unor reflectoare, de formă parabolică, în cele mai multe cazuri izvorul aflându-se în focarul optic al reflectorului. Dacă izvorul poate fi detaşat de reflector avem cazul reflectorului exterior. Dacă izvorul nu poate fi detaşat de reflector, formând cu acesta o unitate constructivă, avem cazul reflectorului interior.

Reflectorul trebue astfel ales încât să reflecte cu cât mai puţine pierderi radiaţiile infraroşii incidente. Pentru aceasta el se construeşte fie din metal masiv, fie plăcând cu un metal cu factor de reflexie ridicat corpul de bază al reflectorului.

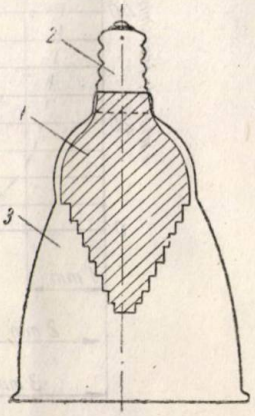


Fig. 6. Izvor întunecat pentru radiaţii infraroşii : 1 — radiatorul propriu zis; 2 — soclu; 3 — reflector

Studiul factorilor de reflexie ai diferitelor metale pentru diferite lungimi de undă (fig. 7), indică drept metale cu factori de reflexie ridicaţi în infraroşu aurul, argintul, cuprul, aluminiul evaporat în vid, aluminiul polisat, nichelul şi cromul.

Deşi aurul şi argintul au factori de reflexie ridicaţi în domeniile de lungimi de undă între 1 şi 2μ, aceste metale nu se întrebuinţează fie din cauza costului lor ridicat (aurul) fie din cauza nestabilităţii faţă de agenţii atmosferici (argintul pentru reflectoarele exterioare). Cuprul nu este întrebuinţat deoarece în reflectoarele exterioare nu este stabil faţă de agenţii atmosferici iar în reflectoarele interioare poate fi înlocuit cu aluminiu, din motive economice.

Din diagrama din figura 7 reiese că metalul cu factorul de reflexie cel mai ridicat, după aur, argint şi cupru, este aluminiul. El este întrebuinţat atât pentru reflectoarele interioare cât şi pentru cele exterioare.

In cazul reflectoarelor interioare, aluminiul se depune pe pereţii reflectorului printr'un procedeu special de evaporare în vid, factorul de reflexie depinzând în mare măsură de gradul

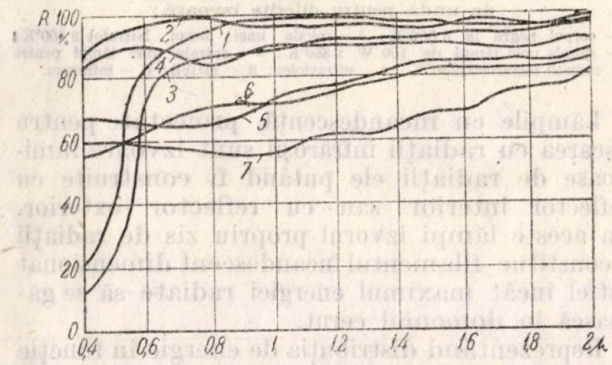


Fig. 7. Factorii de reflexie ai diferitelor metale, în funcţie de lungimea de undă :
1 — gur; 2 — argint; 3 — cupru; 4 — aluminiu evaporat în vid; 5 — aluminiul polisat; 6 — nichelul; 7 — cromul.

de puritate al metalului. In cazul reflectoarelor exterioare se foloseşte aluminiu oxidat electrolitic (procedeul eloxal, alzac, etc.) întreg reflectorul fiind alcătuit din acest material. Prin oxidarea electrolitică a aluminiului se dă metalului o rezistenţă destul de ridicată împotriva agenţilor mecanici şi atmosferici, fără a micşora prea mult factorul de reflexie ridicat până la $\lambda = 5 \ldots 6$ μ în infraroşu.

Alegerea izvorului de radiaţii cu reflector exterior sau interior este în funcţie de natura corpurilor care trebue uscate, precum şi de domeniul lungimilor de undă la care trebue emis maximul de energie radiată. In cazul încălzirii sau uscării corpurilor care produc vapori, sau a substanţelor volatile, este preferabil să se aleagă un izvor luminos pentru radiaţii infraroşii cu reflector interior ; aceasta pentru a proteja reflectorul de vapori. In cazul când corpurile sau substanţele ce trebue încălzite sau uscate necesită izvoare întunecate pentru radiaţii

infraroşii, se întrebuinţează reflectoare exterioare. In orice caz natura corpurilor sau a substanţelor de uscat determină atât natura izvorului de radiaţii (luminos sau întunecat) cât şi felul reflectorului (exterior sau interior).

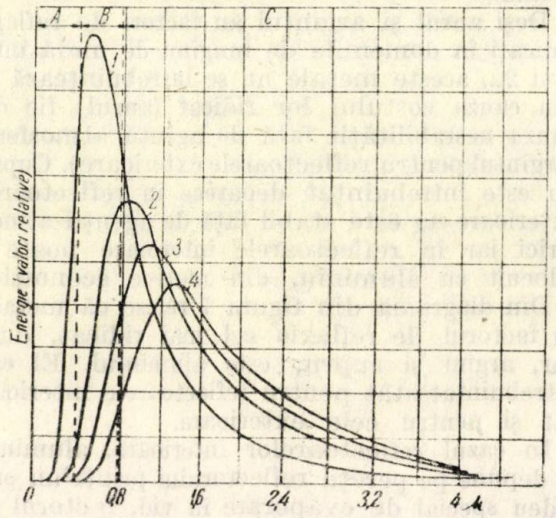


Fig. 8. Distribuţia spectrală a energiei în funcţie de lungimea de undă pentru diferite izvoare:

1 – corpul negru la 6 000°K; *2* – spirala unei lămpi Nitrafot 3 400°K; *3* – spirala unei lămpi de 100 W 2 850°K; *4* – spirala unei lămpi pentru radiaţii infraroşii 2250°K; *A* – ultraviolet; *B* – vizibil; *C* – infraroşu.

Lămpile cu incandescenţă, proiectate pentru uscarea cu radiaţii infraroşii sunt izvoare luminoase de radiaţii ele putând fi construite cu reflector interior sau cu reflector exterior. La aceste lămpi izvorul propriu zis de radiaţii îl constitue filamentul incandescent dimensionat astfel încât maximul energiei radiate să se găsească în domeniul cerut.

Reprezentând distribuţia de energie în funcţie de lungimea de undă pentru diferite tipuri de lămpi cu incandescenţă (fig. 8) se regăseşte experimental o relaţie asemănătoare cu relaţia 3, constanta având valoarea 0,270 cm grad pentru $\lambda = 1{,}2\ \mu$ şi $T = 2\,250°K$.

Din diagramă reiese că pe măsură ce spirala lămpii este mai puţin încălzită, maximul energiei radiate se deplasează în domeniul radiaţiilor infraroşii.

Temperatura filamentului unei lămpi pentru radiaţii infraroşii pentru uscare industrială este astfel aleasă încât majoritatea energiei radiate să se găsească cuprinsă în domeniul spectral 1...2 μ. Explicaţia acestei alegeri constă în faptul că în majoritatea proceselor de uscare trebue evaporată în afara unei pelicule de apă şi o cantitate de apă aflată în interiorul corpului de uscat sau legată chimic de acesta. Din diagrama din figura 9 se vede că apa, în straturi subţiri are un maxim de absorbţie pronunţat între 2...3 μ.

Dacă izvorul de radiaţii infraroşii constituit de lampa cu incandescenţă special construită în acest scop ar radia majoritatea energiei între 2 şi 3 μ apa de la suprafaţa obiectului de uscat ar absorbi toată această energie. Acest caz este defavorabil întrucât încălzirea nu ar mai fi eficace, adâncimea de pătrundere a radiaţiilor fiind limitată de stratul de apă superficial.

Cercetând pe de altă parte variaţia transmisiei apei în funcţie de grosimea de strat pentru izvoare de radiaţii cu diverse temperaturi, se vede că numai pentru anumite temperaturi absorpţia este optimă. Diagrama din figura 10 arată că un izvor de radiaţii a cărui temperatură ar fi de exemplu 2 850°K nu ar fi convenabil pentru evaporarea apei deoarece aceasta ar transmite mare parte din energia primită. Pentru temperatura de 2 250°K primul strat

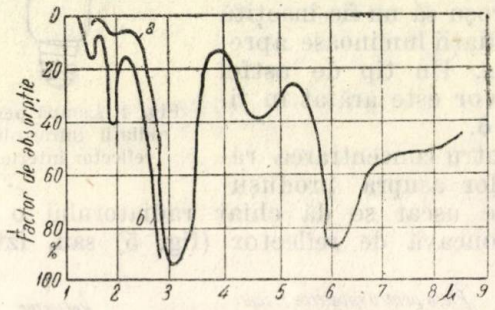


Fig. 9. Absorbţia apei în straturi de diferite grosimi: *a* – grosime de 0,01 mm; b – grosime de 0,05 mm.

de 1 mm grosime absoarbe 50% din energie, al doilea absorbe 13% şi al treilea 5%.

Reprezentând pe de altă parte transmisia lacurilor prin straturi subţiri, în funcţie de

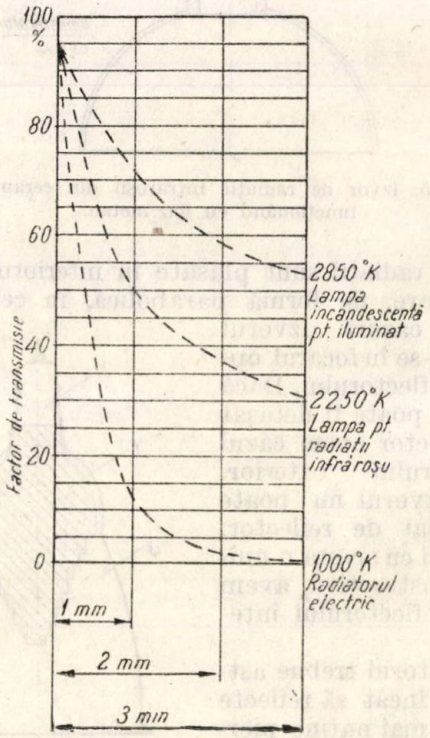


Fig. 10. Transmisia energiei prin diverse grosimi de straturi de apă la 3 izvoare de radiaţii de temperaturi diferite.

lungimea de undă se obţine curba din figura 11 care arată că radiaţiile a căror lungime de undă

nu depăşeşte 1,4 μ sunt aproape complet absorbite.

Din cele expuse până aici rezultă că temperatura optimă a filamentului unei lămpi pentru

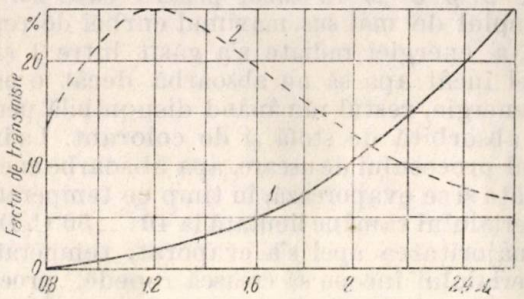


Fig. 11. Transmisia lacurilor pentru radiaţiile infraroşii de diferite lungimi de undă (curba *1*). Curba *2* reprezintă cu titlu de comparaţie curba de distribuţie a unui izvor de radiaţii infraroşii pentru uscare.

uscare industrială trebue să fie cuprinsă între 2200...2300°K.

Filamentul lămpii poate fi un fir de cărbune sau o spirală de wolfram. Cărbunele fiind un radiator cenuşiu are o distribuţie spectrală proporţională cu a corpului negru, maximul de energie radiată, pentru o temperatură convenabil aleasă găsindu-se în domeniul infraroşu. Pentru aceeaşi temperatură wolframul emite relativ mai multă energie în domeniul radiaţiilor vizibile decât în infraroşu. Intrebuinţarea unui fir de cărbune ar fi fost, din punct de vedere al randamentului radiaţiei, mai bună decât aceea a unei spirale de wolfram. Izvoarele de energie radiantă infraroşie sunt alcătuite totuşi din lămpi cu incandescenţă cu filament de wolfram deoarece :

a) procesul de evaporare al firului de cărbune este mai rapid decât cel al firului de wolfram pentru aceeaşi temperatură. fapt ce ar cauza înnegrirea mai timpurie a balonului lămpii, deci scăderea randamentului radiaţiei, prin absorbirea parţială a acesteia ;

b) Tehnologia producerii lămpilor cu incandescenţă cu filament de cărbune este greoaie, micşorând productivitatea muncii.

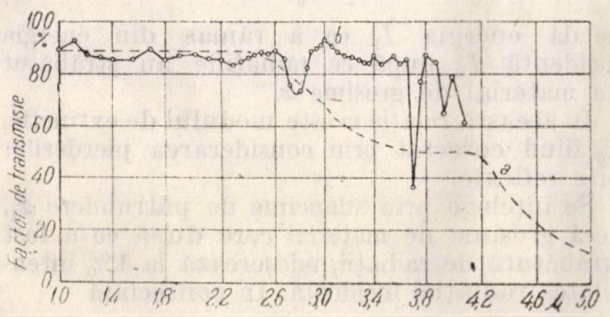


Fig. 12. Transmisia spectrală a sticlei de sodiu, potasiu şi calciu (*a*) ; cuarţ (*b*).

Din cauzele arătate, la lămpile moderne pentru radiaţii infraroşii, izvorul de radiaţii este constituit dintr'o spirală de wolfram dimensionată după considerentele de mai sus. Ea se află în interiorul unui balon care, după scopul la care trebue să fie întrebuinţată lampa poate fi de cuarţ, sau din sticlă de sodiu, potasiu şi calciu.

Din diagrama din figura 12 rezultă că atât sticla de cuarţ cât şi sticla de sodiu, potasiu şi calciu, sunt transparente practic în aceeaşi măsură pentru radiaţiile până la 3 μ. In consecinţă lămpile cu balon de cuarţ vor fi întrebuinţate numai acolo unde se impune prezenţa radiaţiilor din infraroşul îndepărtat (scopuri medicale, ştiinţifice).

Balonul lămpii poate avea diverse forme ; dacă lampa pentru radiaţii infraroşii urmează a fi montată într'un reflector exterior, balonul poate fi sferic, iar dacă lampa este cu reflector interior balonul are formă parabolică.

In acest din urmă caz pereţii balonului sunt acoperiţi cu un strat de aluminiu electrolitic pur evaporat în vid. Spirala este aşezată în focarul parabolei (fig. 13) iar calota lămpii este mătuită „mătăsos" în scopul realizării unei distribuţii slab divergente, care să asigure o iradiere uniformă pe suprafaţa de uscat, dacă se alătură pe un panou un număr mare de lămpi.

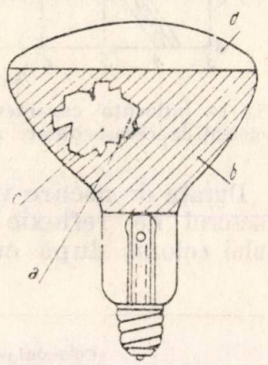


Fig. 13. Lampa pentru radiaţii infraroşii cu reflector interior
a — spirală ; b — balon ; *c* — reflector interior ; *d* — suprafaţă mătuită

Balonul lămpii este umplut cu un gaz inert. Pierderile prin convecţie datorite mediului gazos sunt compensate de faptul că înnegrirea pereţilor balonului, deci micşorarea factorului de reflexie al oglinzii de către wolframul evaporat de pe spirală se face într'un timp mult mai îndelungat.

Ca urmare a temperaturii reduse a spiralei, durata lămpii este de 3 000 ore, faţă de 800 ore cât este durata unei lămpi cu incandescenţă de uz normal pentru iluminat.

Procesele de uscare cu radiaţii infraroşii. Spectrele de absorbţie ale corpurilor se caracterizează prin distribuţia spectrală a factorului de absorbţie şi diferă de la corp la corp depinzând de structura lui moleculară. Aşa dar cunoaşterea acestei distribuţii este de primă importanţă pentru procesul de uscare cu radiaţii infraroşii.

Materialele ce intră în procesul de uscare cu radiaţii infraroşii nu sunt constituite dintr'o materie uniformă ; ele sunt alcătuite din componente diferite, fiecare din ele având caracteristica ei de absorbţie în domeniul infraroşu. Astfel, de pildă pentru uscarea unei stofe colorate, umede, trebue să se ţină seamă de caracteristicile spectrale de absorbţie ale colorii, apei şi stofei. Din diagrama din figura 14 reiese clar că timpii de uscare a unei aceleiaşi stofe cu acelaşi grad de umiditate colorată la fel, dar cu coloranţi de compoziţii chimice diferite, nu sunt

identici. Stofele au fost supuse uscării în aceleași condiții de radiație.

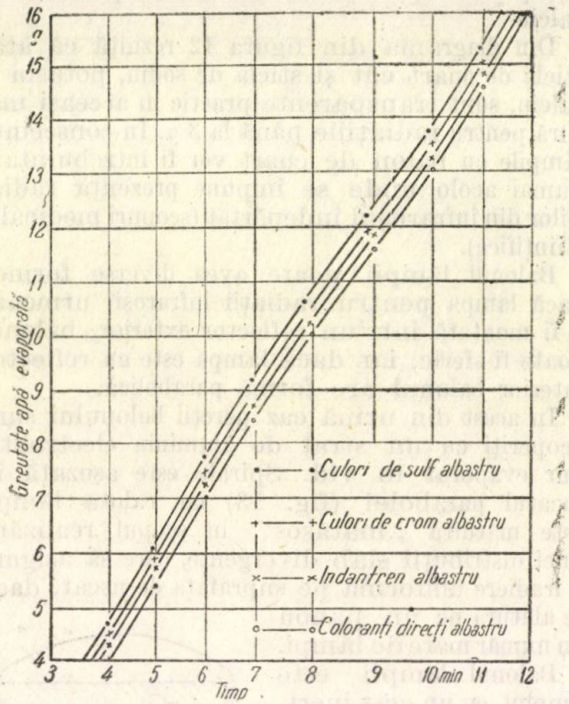


Fig. 14. Influența caracteristicelor de absorbție a diferiți coloranți de aceeași coloare asupra procesului de uscare.

Durata de uscare variază în același sens ca și factorul de reflexie $r_\lambda = 1 - a_\lambda$ al materialului colorat după cum se vede din tabela 1.

Tabela 1

Colorantul	Coloranți pe bază de sulf (albastru)	Coloranți pe bază de crom (albastru)	Indantren (albastru)	Coloranți direcți sau substantivi (albastru)
Factorul de reflexie infraroșu, în %	5...15	20...30	30...50	70...80

Coloarea unui corp este determinată de absorbția radiațiilor vizibile și nu permite să se tragă concluzii cu privire la comportarea corpului în infraroșu, decât dacă se ține seama de

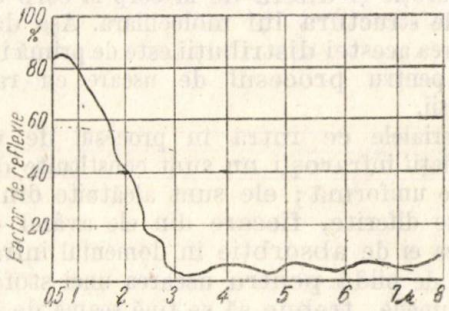


Fig. 15. Factorul de reflexie al albului de zinc.

caracteristicele spectrale ale materialului colorant. Astfel de exemplu, albul de zinc, care reflectă bine radiațiile vizibile, este complet nereflectător pentru radiațiile cu lungimi de undă mai mari de 3 μ (figura 15).

După cum s'a arătat mai înainte apa în straturi subțiri prezintă un maxim de absorbție între 2 și 3 μ. In cazul pentru care s'a dat exemplul de mai sus, maximul curbei de repartiție a energiei radiate s'a găsit între 1 și 2μ astfel încât apa să nu absoarbă decât o parte din energie, restul rămânând disponibilă pentru a fi absorbită de stofă și de colorant. La începutul procesului de uscare, apa absoarbe energia radiată și se evaporează, în timp ce temperatura materialului rămâne limitată la 40...50°C. După ce majoritatea apei s'a evaporat, temperatura materialului începe să crească repede, procesul de uscare decurgând uniform din profunzime către suprafață.

Influența apei din interiorul corpurilor asupra uscării este cu atât mai marcată cu cât corpurile sunt mai higroscopice. Un exemplu clasic al unei astfel de influențe este arătat de gips a cărei absorbție este maximă în domeniul cuprins între 2...3 μ (fig. 16).

Ca exemple analoage pot fi citate șamotul și ceramica.

Absorbția prea mare a materialului, expus uscării cu radiații infraroșii, limitează puterea de pătrundere a radiațiilor. Aceasta trebue calculată de la caz la caz astfel încât procesul de uscare să se producă în toată masa materialului.

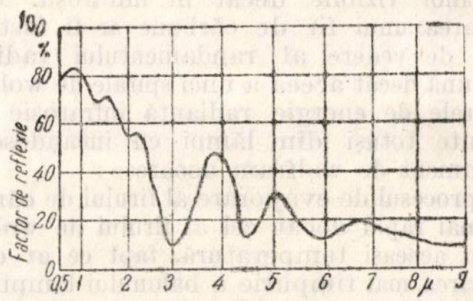


Fig. 16. Factorul de reflexie spectrală a gipsului.

Relația după care se produce absorbția radiației

$$I_1 = I_0 e^{-mx} \qquad (6)$$

ne dă energia I_1 ce a rămas din energia incidentă I_0 după ce radiațiile au străbătut un material de grosime x.

In această relație m este modulul de extincție, I_0 fiind corectat prin considerarea pierderilor prin reflexie.

Se înțelege prin adâncime de pătrundere x_1, acea grosime de material care după ce a fost străbătută de radiații, micșorează la 1% intensitatea radiației incidentă. In consecință

$$I_1 = I_0 \cdot 0{,}01$$

Inlocuind în (6) valoarea de mai sus găsim

$$x_1 = \frac{4.6}{m} . \qquad (7)$$

Relația (7) ne arată că adâncimea de pătrundere a radiațiilor este cu atât mai mică cu cât modulul de extincție este mai mare. Atât modulul de extincție cât și adâncimea de pătrundere depind de lungimea de undă a radiației incidente și valorile lor globale pot fi calculate din datele experimentale obținute în spectroscopia în infraroșu.

Dacă ținem seama de definiția factorului de absorbție

$$\alpha = \frac{I_0 - I_1}{I_0}$$

și introducem în această relație valoarea raportului I_1/I_0 dat de ecuația (6) obținem

$$\alpha = 1 - e^{-mx} \qquad (8)$$

Modulul de extincție poate fi dedus din ecuația

$$m = \frac{\ln\left(\frac{1}{1-\alpha}\right)}{x}. \qquad (9)$$

Modulul de extincție astfel calculat pentru un material de grosime x cu un anumit factor de absorbție α poate fi înlocuit în ecuația (7) pentru a se afla adâncimea de pătrundere x_1, a unui material de către radiațiile infraroșii de o anumită lungime de undă.

De exemplu la un lac, pentru care s'a măsurat un factor de absorbție de 10%, grosimea stratului de lac fiind $x = 0{,}025$ mm, s'a calculat adâncimea de pătrundere a radiației $x_1 = 1$ mm pentru o anumită lungime de undă. Pentru altă lungime de undă factorul de absorpție al aceluiași lac a fost de 50% și adâncimea de pătrundere a radiațiilor a scăzut la $x_1 = 0{,}17$ mm. In acest exemplu m a fost calculat numai pentru o singură lungime de undă, pe când în realitate la calculul lui m trebue ținut seama de întreg domeniul de lungimi de undă în care se găsește maximul de radiație (valoarea globală).

In toate cazurile de uscare prin radiații infraroșii trebue avut în vedere atât izvorul de radiații cât și caracteristicele obiectului de uscat și, în afară de cele arătate mai sus în ceeace privește factorul de absorbție, mai trebue luate în seamă transmisia, reflexia și dimensiunile obiectului.

In cazul uscării obiectelor alcătuite dintr'un singur material, cum ar fi obiectele de ceramică (izolatori, cești, farfurii, etc.) miezurile de pământ pentru turnătorie, grânele, substanțele chimice, etc. uscarea cu radiații infraroșii se va face bine atunci când grosimea de pătrundere a radiațiilor va fi comparabilă ca ordin de mărime cu grosimea obiectului.

Deosebit de important este cazul obiectelor acoperite cu strate ce urmează a fi uscate. Pentru exemplificare să considerăm un lac ce acoperă o suprafață metalică și să examinăm următoarele situații:

1. Lacul se găsește aplicat într'un strat subțire ($x \ll x_1$) pe o tablă subțire deci cu capacitate calorică mică. In acest caz adâncimea de pătrundere a radiațiilor este mai mare decât grosimea stratului de lac și în consecință tabla pe care se găsește lacul se încălzește prin radiații, usarea lacului făcându-se din adâncime către suprafață. Uscarea lacului se face în bune condiții.

2. Lacul se găsește aplicat într'un strat gros ($x \gg x_1$) pe o tablă subțire. Adâncimea de pătrundere a radiațiilor este mai mică decât grosimea statului și lacul se va încălzi și usca, în consecință, în special la suprafață. Există așa dar pericolul ca lacul să prezinte crăpături după uscare; acest inconvenient se înlătură prin alegerea de lacuri speciale pentru *IR*.

3. Lacul se găsește aplicat într'un strat subțire pe o tablă groasă, deci cu o capacitate calorică mare. Adâncimea de pătrundere a radiațiilor fiind mai mare decât grosimea stratului de lac, va avea drept consecință încălzirea tablei. Dat fiind că aceasta are capacitatea calorică mare, uscarea lacului se va face foarte prost, deoarece spre deosebire de cazul 1, toată căldura provenită din absorbția radiațiilor de către tablă se va repartiza în masa acesteia fără a se transmite lacului.

4. Lacul se găsește aplicat într'un strat gros pe o tablă groasă. Adâncimea de pătrundere a radiațiilor este mai mică decât grosimea stratului de lac; în consecință toate radiațiile vor fi absorbite de stratul de lac și transformate în căldură ce va duce la uscarea stratului. Există totuși pericolul ca uscarea să nu se facă suficient de bine, dacă nu se alege un lac special pentru *IR*.

In cazul când trebue uscat parțial și stratul de bază al vopselei sau al lacului, de exemplu o placă de lemn vopsită, adâncimea de pătrundere trebue să fie astfel aleasă încât radiațiile infraroșii să fie absorbite parțial de stratul de vopsea, parțial de stratele superficiale ale plăcii de lemn. Se înlătură în acest fel toate inconvenientele ce ar rezulta dintr'o încălzire și uscare neuniformă.

Avantajele uscării prin radiații infraroșii. Uscarea prin radiații infraroșii este net superioară în cele mai multe cazuri uscării prin conductibilitate sau convecție prin nenumăratele avantaje pe care le oferă față de aceste metode.

In cazul uscării prin convecție, trebue să se realizeze în interiorul unei incinte, izolată termic față de mediul înconjurător, o temperatură mult superioară aceleia pe care trebue să o atingă obiectele de uscat. Pierderile inevitabile ale incintei către mediul înconjurător, vor fi determinate de diferența dintre temperatura interioară și cea exterioară.

In cazul uscării prin radiații infraroșii temperatura aerului din incintă poate rămâne mult inferioară celei atinse de obiectul de uscat, ceeace reduce pierderile în exterior.

Circulația aerului condiționează nu numai temperatura ci și gradul de saturație al aerului din incintă cu vaporii substanței care trebuește îndepărtată la uscare. Presupunând că se lucrează într'o incintă ermetic închisă, uscarea

nu va mai progresa atunci când vaporii ating o anumită presiune parțială. Dacă incinta este ventilată cu un curent violent de aer, se distruge starea de echilibru, cu alte cuvinte uscarea se continuă însă există riscul de a răci obiectul de uscat într'un grad dăunător.

Există în consecință o ventilație optimă pentru fiecare caz, variațiile acesteia fiind impuse de obiectul de uscat. La uscarea prin radiații infraroșii aerul din incintă poate fi menținut la o temperatură mai joasă decât în cazul uscării prin convecție la temperatură identică a corpului de uscat și în consecință se poate activa circulația aerului fără a înregistra pierderi de energie tot atât de mari ca în cazul convecției.

Prin uscarea cu radiații infraroșii, timpii de uscare sunt reduși adesea în proporție considerabilă față de uscarea cu alte metode. Tabelele 2 și 3 arată spre exemplu timpii de uscare obținuți de industria sovietică, la uscarea cu radiații infraroșii a lacurilor și a vopselelor de pe vagoanele de cale ferată.

Tabela 2

Denumirea vopselei sau lacului supus radiației	Felul și dimensiunile suprafeței vopsite	Temperatura mediului înconjurător °C	Timpul de uscare completă min	Timpul de uscare în condiții naturale h
Emailuri alb, negru sau coloarea fildeșului		31	50	24...48
portocaliu, albastru, brun	15 × 7 × 0,1 mm	31	60	24...48
Cenușiu		31	40	24...48
Vopsele Fixol neagră, albastră, verde	Placă de fier	31	50	48
Uleiuri și chituri Ulei natural, ulei noxol, lac pentru chituire		31	40	24

Tabela 3

Vopsele și lacuri utilizate pentsu suprafețele exterioare ale unui vagon de călători	Viteza de uscare		
	In cazul uscării cu radiații infraroșii min	în condiții natnrale h	în camera de uscare încălzită electric sau cu aburi h
Miniu de fier grund . .	40	24	3,5
Lac pentru chituire . .	30	16	2,0
Vopsea verde frecată (pentru vagoane). .	40	24	2,0
Fixol verde	40	48	4,0

In industria de automobile cehoslovacă, caroseriile de automobile se usucă cu o instalație alcătuită din 96 de lămpi, puterea totală absorbită fiind de 24 kW. Uscarea caroseriei lăcuite a automobilului se face în timp de 14 minute.

In industria ceramică uscarea cu radiații infraroșii a găsit un domeniu de desvoltare neobișnuit. Experiențele arată că energiile întrebuințate pentru uscare sunt foarte mici. Astfel pentru uscarea unei farfurii au fost necesare 170 W ore, pentru uscarea unei farfurioare 75 W ore iar pentru uscarea unei cești 40 W ore. Farfuriile și cestile pot fi uscate pe bandă rulantă cu o productivitate de 3 000 buc/zi. Cu ajutorul radiațiilor infraroșii produsele ceramice se usucă mai ușor și mai uniform. Incercările efectuate într'o fabrică de steatit din Republica Democrată Germană au arătat că în fabricația în serie a pieselor de steatit mijlocii și mici, la o construcție adecuată a instalațiilor de uscare cu radiații infraroșii, pot fi atinse durate de uscare de 30—40 minute/bucată.

Cuptoarele de uscare cu radiații infraroșii din industria ceramică lucrează la temperaturi relativ mici (30...60°C). In tabela 4 se indică rezultatele obținute în industria ceramică în Republica Democrată Germană.

Tabela 4

Produsul ceramic	Duratele de uscare	
	uscare cu radiații infraroșii	camera de uscare
Izolatori pentru conducte de omnibuze	1 1/2 ore	72 ore
Izolatori pentru conductori de fire, din porțelan	10...11 minute	24 ore
Piese ceramice lungi de 75 mm cu diametru de 18 mm	1 1/2...2 ore	5 ore

Din încercările efectuate rezultă că grosimea limită a pieselor ce pot fi uscate cu radiații infraroșii, într'un timp mai scurt decât alte procedee, este de 31,5 mm. Piesele ceramice cu pereți subțiri sunt uscate cu radiații infraroșii după scoaterea lor din tipare, înainte de ardere ; deasemenea glazura se usucă cu radiații infraroșii înainte de ardere.

Uscarea lemnului cu radiații infraroșii a dat rezultate bune pentru materiale (brad, molid, larice, pin, plop, fag, stejar, nuc, anin) sub 5 mm grosime. In consecință placajele, furnirele și scândurile sub 5 mm pot fi uscate rapid cu radiații infraroșii.

Grânele uscate cu radiații infraroșii și-au păstrat calitățile nutritive și germinative nealterate. Ele pot fi uscate numai în sistemul de bandă rulantă economisindu-se astfel spațiul necesar uscării.

Uscarea cu radiații infraroșii și-a găsit un larg câmp de aplicație în industria textilă, cauciucului, pielăriei, chimico-farmaceutică, înlocuind cu deosebit succes sistemele de uscare prin convecție sau conductibilitate.

Concluzii. Uscarea cu radiații infraroșii constitue o tehnică relativ nouă. Aplicarea ei pe scară industrială cuprinde multe procese industriale ce au ca rezultat o importantă economie de timp și de cost față de metodele actuale de uscare. Prin acest sistem de uscare, se înving gâtuirile cauzate de lipsa de timp în fabricație datorită perioadelor lungi de uscare.

Tehnica uscării cu radiații infraroșii depinde de cercetări și încercări speciale, deoarece fiecare material sau complex de materiale are

caracteristici proprii de absorbţie, transmisie şi reflexie în infraroşu.

Cuptoarele pentru radiaţii infraroşii permit desfăşurarea procesului de uscare pe bandă rulantă, ceeace uşurează controlul produsului. Cuptoarele pot afecta orice formă (o formă apropiată de aceea a produsului în cazul pieselor de ceramică sau porţelan cum ar fi izolatorii mari sau closete şi cuvete în industria ceramică, sau formele de pământ mari în cazul turnătoriilor) evitând în felul acesta tansportul piesei la cuptoare de uscare, fapt care în cele mai multe cazuri duce la deteriorarea ei.

Punerea şi scoaterea din funcţiune a cuptoarelor cu radiaţii infraroşii este instantanee, realizându-se în felul acesta importante economii.

Uscarea cu radiaţii infraroşii asigură o calitate superioară produselor, procesul de uscare efectuându-se de la profunzime către suprafaţă, fără fisuri sau porţiuni neuniform uscate, Este necesar să menţionăm că uscarea cu radiaţii infraroşii în industria ceramică a înlăturat complet fisurile din material, îmbunătăţind calitatea produselor.

Industria noastră electrotehnică produce lămpi pentru radiaţii infraroşii care în cazuri judicios alese pot înlocui, în instalaţii potrivite sau prin adaptarea cuptoarelor de convecţie existente, cu deosebit succes, din toate punctele de vedere, vechile instalaţii de uscare.

Bibliografie

Filonenco G. C.: Instalaţii de uscare, Gosenergoizdat, Moscova, 1952.

Lâcov A. V.: Principiile uscării corpurilor solide poroase cu ajutorul radiaţiilor infraroşii, Izv. Akad. Nauk Teh., Nr. 9/Sept/1949.

Stoll H.: Stadiul actual al uscării prin radiaţii în industria ceramică, Silikat Technick 2, Nr. 9/Sept/1951.

Gorodov G. I. şi *Cerchinski B. N.*: Uscarea ţesăturilor cu radiaţii infraroşii, Textil Promâşlenia X, Nr. 2/Feb./1950.

— Uscarea încălţămintei cu radiaţii infraroşii, Przeglad Skorzy Nr. 4/Aprilie/1951.

— Uscarea cu radiaţii infraroşii a suprafeţelor acoperite cu vopsea sau lac, Avtomobil, Nr. 5/Mai/,1951.

Kovacs Lajos: Uscarea cu radiaţii infraroşii, Magyar Kemikusok Lapja Nr. 2/Feb./1949.

— Revue Tehnique Philips 1947—48 Tome 9, Nr. 8.

Tadeusz Binkowski: Radiaţiile infraroşii şi folosirea lor în industrie, Optik i Mecanic, Nr. 10, 1950.

★

ТЕХНИКА ПРОМЫШЛЕННОЙ СУШКИ ИНФРАКРАСНЫМИ ИЗЛУЧЕНИЯМИ

Резюме

В настоящей статье производится анализ способов промышленной сушки и представляется новый способ сушки инфракрасными излучениями. После описания систем сушки конвекцией и кондукцией, даются основы новой системы сушки, применяемые источники и преимущества данной системы сушки.

ACTIVITATEA INSTITUTULUI DE STUDII ROMÂNO-SOVIETIC AL ACADEMIEI R. P. R. IN SPRIJINUL ELECTROTEHNICIENILOR DIN ŢARA NOASTRĂ

Având ca scop propagarea ştiinţei sovietice în masele largi de cercetători, profesori, ingineri, tehnicieni şi studenţi, Institutul de Studii Româno-Sovietic aduce un mare aport în opera de documentare ştiinţifică necesară construirii bazelor socialismului în patria noastră.

In urma victoriilor repurtate de poporul muncitor, Republica Populară Română a păşit pe drumul electrificării ţării, una din condiţiile necesare creierii unei industrii puternice înaintate, factor hotărîtor în construirea socialismului. Aceasta pune în faţa oamenilor muncii sarcini măreţe. Ducerea lor la bun sfârşit necesită un studiu complex şi cere o îmbinare armonioasă a eforturilor cercetătorilor, inginerilor, tehnicienilor şi muncitorilor.

Mai mult decât în oricare alt domeniu, tezaurul experienţei sovietice în domeniul electrificării, bazate pe un fundament teoretic puternic, sunt de nepreţuit folos tuturor celor care lucrează în acest domeniu. Continuând tradiţia glorioasei ştiinţe ruse, ştiinţa sovietică este astăzi deschizătoare de drumuri noi, prioritatea ei în cele mai multe progrese ale tehnicii moderne fiind de netăgăduit. Spre deosebire de ţările capitaliste, ţările din lagărul socialismului necesită tehnica cea mai avansată, care stă la baza realizării principiului satisfacerii în proporţii tot mai largi a nevoilor materiale şi culturale mereu crescânde ale întregii societăţi. In aceste condiţii activitatea Institutului de Studii Româno-Sovietic este un sprijin preţios al cercetătorilor şi practicienilor din diferitele domenii ale ştiinţei.

Strâns legat de nevoile Institutelor de cercetări, ale Institutelor departamentale, ale întreprinderilor şi ale învăţământului superior, I.S.R.S. a depus atât în Bucureşti cât şi în filialele din provincie (Cluj, Iaşi, Timişoara, Tg. Mureş, Oraşul Stalin) o rodnică activitate în domeniul electricităţii. Mijloacele folosite pentru a pune la îndemâna celor interesaţi cuceririle ştiinţei sovietice sunt multiple: traduceri, publicaţii tipărite şi litografiate, conferinţe, caiete de referate, fişe bibliografice, fişe rezumative.

Activitatea de traduceri prevede un mare număr de lucrări, articole, cărţi, manuale — traduse la cererea institutelor de cercetări ştiinţifice, a departamentelor, întreprinderilor şi catedrelor universitare.

Dintre lucrările de dimensiuni mai mari traduse în acest interval, menţionăm cărţile „Tuburi electronice" de B. Bruevici şi „Fenomenele electrice în vid şi gaze" de Capţov.

In seria tehnică a Bibliotecii Analelor Româno Sovietice, care publică culegeri de traduceri consacrate unei anumite probleme din revistele de specialitate sovietice, au apărut două volume, iar trei volume din seria caietelor de traduceri pentru catedrele universitare (care apar litografiate) au fost dedicate problemelor de electricitate şi electronică.

In seria tehnică a Bibliotecii Analelor Româno Sovietice, a apărut în domeniul electrotehnicei volumul Nr. 10, „Probleme noi privind proiectarea şi construcţia maşinilor electrice". Prin conţinutul său, materialul este strâns legat de problemele industriei noastre electrotehnice, constituind un ajutor valoros cercetătorilor şi proiectanţilor din ţară. Astfel, din acest volum citâm articolele „Generator sincron cu autoexcitaţia dela un redresor mecanic şi reglaj automat de tensiune" în care se arată realizarea unui generator sincron fără excitatrice, ceeace simplifică construcţia şi ieftineşte agregatul cu 20...55% în comparaţie cu excitaţia obişnuită, realizându-se totodată un reglaj automat al tensiunii generatorului. Problema înlocuirii excitatricei cu un redresor la generatori sincroni de mică putere a preocupat mult timp şi fabricile constructoare din ţările capitaliste, însă acestea nu au putut rezolva această problemă în mod satisfăcător. Ştiinţa sovietică a învins însă dificultăţile şi a dat o rezolvare strălucită acestei probleme. Lucrarea a fost distinsă cu premiul Stalin pe anul 1950. In articolul „Despre construcţia economică a hidrogeneratorului vertical de mică putere" se arată că pentru hidrogeneratorii verticali de 150...1000 kWA, soluţia cea mai economică este de a-i face cu rotorul exterior. Prin această dispoziţie se reglează o serie de avantaje printre care şi simplificarea construcţiei, reducerea greutăţii şi a preţului de cost, etc. Mai citâm articolele „Metoda energetică de calcul a motoarelor sincrone reactive", „Bazele teoriei motorului monofazat cu spiră în semicircuit de poli", „Problema comutaţiei la maşinile de curent continuu", „Autotransformatori cu reglaj fin de tensiune", „Studiul transmisiei căldurii la maşinile electrice", „Influenţa curenţilor turbionari asupra procesului de stabilirea fluxului ş.a.m.d.

Nr. 16 al seriei tehnice a Bibliotecii Analelor Româno-Sovietice are titlul „Problemele modelării electrice". In cadrul acestui volum se prezintă cititorului un domeniu de curând desvoltat al electricităţii — modelarea electrică — care într'un interval scurt a arătat că poate fi utilizat cu succes pentru rezolvarea problemelor complicate din multe domenii ale fizicii şi tehnicii. Modelele (analogiile) electrice permit studierea şi rezolvarea problemelor la limită şi cu condiţii iniţiale variabile în electrotehnică, construcţii, mecanica fluidelor, termotehnică, energetică, fizică teoretică, matematici superioare ş.a.m.d.

Acest domeniu al electrotehnicii creat şi desvoltat de savanţii sovietici capătă o importanţă crescândă în toate domeniile tehnicii datorită simplităţii metodelor sale de lucru. Volumul menţionat este prima carte publicată cu acest subiect în limba română. Din conţinut semnalăm articolele lui L.I. Gutenmacher laureat al premiului Stalin, „Modele electrice ale fenomenelor fizice şi aplicaţiile lor în tehnică şi fizică", F. V. Maiorov „Reprezentarea electrică a funcţiilor", V. A. Carasev „Modelarea câmpului magnetic rotaţional" N. V. Corolev „Rezultatele construirii şi experimentării dispozitivelor pentru soluţionarea sistemelor de ecuaţii diferenţiale", L. V. Lusternic „Calculul valorilor şi funcţiilor proprii cu ajutorul montajelor electrice", I. L. Polisar şi N. V. Coroleov „Utilizarea montajelor matriciale cu amplificatori pentru rezolvarea sistemelor de ecuaţii diferenţiale", V. V. Vlasov „Despre utilizarea modelării în problema defectoscopiei magnetice" A. L. Golfin „Modelul electric al grinzii sprijinite pe o fundaţie elastică", S. S. Vialov şi L. G. Cogan „Soluţionarea unor probleme termotehnice prin metoda modelării electrice", G. V. Dersvart şi M. I. Smelianschi „Utilizarea modelelor electromagnetice pentru instalaţiile electrotehnice", precum şi grupul de articole consacrat problemei modelării sistemelor energetice (mese de calcul) care conţine articolele lui V. A. Venicov şi A. V. Ivanov — Smolenschi „Generatori sincroni pentru modelarea dinamică a sistemelor electrice" L. I. Azarev „Modelul sistemelor electrice şi M. P. Costenco „Model electrodinamic pentru studiul sistemelor energetice".

In caietele de traduceri pentru catedrele universitare (electricitate) sunt abordate problemele teoriei moderne a conductibilităţii electrice, problemele teoriei moderne a feromagnetismului (desbătute în Consfătuirea Unională consacrată acestei probleme) teoria semiconductorilor, teoria aparatajului electronic la frecvenţe ultraînalte, dispozitive experimentale noi ş.a.m.d. Menţionăm articolele L. I. Samoilovici şi I. L. Corenblit, „Fenomenele termomagnetice şi galvanomagnetice în semiconductori", S. V. Vonsovschi „Problemele teoriei cuantice moderne a conductibilităţii electronice" şi „Problemele teoriei cuantice a feromagnetismului, G. A. Smolenschi „Materiale feromagnetice nemetalice — feriţi", L. I. Gutenmaher „Modelele electrice ale fenomenelor fizice" etc.

In cadrul secţiei de Studii şi Documentare, în prima jumătate a acestui an s'au ţinut 4 conferinţe din domeniul electricităţii. Adresându-se unui auditoriu din ce în ce mai numeros, conferinţele Institutului de Studii Româno-Sovietic redactate de oameni de ştiinţă, profesori şi ingineri sunt de un real folos. Conferinţele au tratat problemle legate de experienţa Uniunii Sovietice în domeniul electrificării, probleme puse de teoria şi practica semiconductorilor, problemele utilizării meselor de calcul electrice la studiul stabilităţii sistemelor energetice ş.a.m.d.

Dintre aceste conferinţe citâm expunerea acad. I. S. Gheorghiu cu tema „Giganticele construcţii de electrificare din U.R.S.S. în lumina documentelor celui de al XIX-lea

Congres al P.C.U.S." şi a conf. acad. Traian Gheorgbiu despre „Rezultatele consfătuirii savanţilor sovietici asupra problemelor semiconductorilor".

In cadrul secţiei de Studii şi Documentare a Institutului, colective ştiinţifice de specialitate redactează fişele rezumative ale tuturor articolelor apărute în publicaţiile sovietice. Fişele rezumative pun la dispoziţia citi orilor o prezentare succintă a problemelor studiate în respectivele articole precum şi prezentarea soluţiilor indicate. Tendinţa actuală este de a înlocui aceste fişe rezumative prin reviste de referate pe specialităţi. Prin ele oamenii de ştiinţă din institutele de cercetări, proiectanţii, inginerii din uzine, profesorii şi studenţii, iau cunoştinţă de materialul sovietic sosit în ţară care poate fi astfel mult mai uşor consultat. In aceeaşi secţie a Institutului se întocmesc Repertorii Bibliografice periodice pe specialităţi (4 numere anual) cu materiale sovietice primite la Institut. In aceste repertorii se indică titlurile cărţilor şi articolelor sosite pe specialităţi, menţionându-se şi dacă aceste articole au fost traduse sau sunt în curs de traducere. Incepând cu Nr. 3 repertoriile conţin şi un scurt rezumat al articolului. Aceste repertorii litografiate se expediază la cerere tuturor instituţiilor interesate. Tot la cerere colectivele de specialişti ai secţiei de Studii şi Documentare întocmesc bibliografii care înfăţişează materialul sovietic (cărţi sau articole) apărut în domeniul sau problema respectivă.

In Biblioteca Institutului de Studii Româno-Sovietic există un bogat material documentar în domeniul electricităţii, atât în ceeace priveşte periodicele, cât şi cărţile ce stau la dispoziţia cititorilor. Pe lângă Bibliotecă funcţionează şi un serviciu de împrumut pentru traduceri, reviste şi cărţi sovietice.

Prin bogata sa activitate îndreptată în direcţia răspândirii cuceririlor ştiinţei şi tehnicei sovietice, Institutul de Studii Româno-Sovietic constitue un factor important pentru ridicarea nivelului ştiinţei şi tehnicei în patria noastră, pentru lupta împotriva cosmopolitismului, contribuind la realizarea creşterii bunei stări a oamenilor muncii.

DOCUMENTARE

BIBLIOTECA ANALELOR ROMANO SOVIETICE SERIA TEHNICA Nr. 7

Recente cercetări sovietice din domeniul electrochimiei teoretice şi aplicate

Numărul 7 din seria tehnică a Bibliotecii Analelor Româno Sovietice intitulat „Recente cercetări sovietice de electrochimie teoretică şi aplicată", furnizează un material documentar de mare valoare care constitue pentru inginerii şi tehnicienii din industrii şi institutele noastre de cercetări un îndreptar şi un sprijin în muncă.

Culegerea conţine o serie de articole apărute în revistele Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., care interesează pe cercetătorii noştri ca: tensiunea de descompunere a soluţiilor acide, alcaline şi neutre; natura potenţialelor secundare la separarea catodică a metalelor; influenţa inserţiunilor neconducătoare asupra conductibilităţii electrice a electrolitului; comportarea electrochimică a ferului în soluţii de oxidanţi; comportarea electronului de sticlă în medii neapoase, etc.

Savanţii sovietici efectuează mari lucrări în domeniul electrochimiei care, permiţând folosirea energiei electrice la realizarea proceselor chimice, prezintă o serie de avantaje datorită micşorării costului produselor finite, simplificării tehnologiei de fabricaţie, posibilităţii obţinerii celor mai variate substanţe etc.

In articolul „Contribuţie la problema tensiunii de descompunere a soluţiilor acide, alcaline şi neutre" autorii P.P. Ţurov şi E. M. Scobeţ pun în evidenţă existenţa unor potenţiale secundare la separarea hidrogenului şi oxigenului.

Autorii întreprind un studiu asupra tensiunii de descompunere a soluţiilor acide, alcaline şi neutre şi trasează curbele de polarizare anodică şi catodică a acestor soluţii (H_2SO_4 — Na OH — Ba $(OH)_2$ — K_2SO_4 şi K NO_3).

Autorii conclud că în soluţiile acide şi alcaline există două potenţiale de separare, la separarea hidrogenului la catod şi a oxigenului la anod, din care cel de al doilea potenţial are o valoare practică egală cu valoarea unică a tensiunii de descompunere a soluţiilor neutre.

Această existenţă a potenţialelor secundare, după ipoteza emisă de autor, este determinată de descompunerea moleculelor nedisociate de apă în timpul electrolizei la cei doi electrozi, spre deosebire de potenţialele primare cauzate de descărcarea ionilor liberi H^+ şi OH^-.

In articolul „Despre natura potenţialelor secundare la separarea catodică a metalelor" de M. A. Loşcarev şi A. M. Ozerov, autorii explică apariţia depozitelor pulverulente de metale la electroliză ca fiind datorită potenţialului secundar de separare a hidrogenului la catod.

Autorii constată că în toate cazurile potenţialele secundare de descompunere nu sunt condiţionate de descărcarea ionilor complexi ci sunt o urmare a descărcării ionilor de hidrogen, iar cele două potenţiale de separare ale hidrogenului depind de variaţia concentraţiei stratului din jurul electrolitului.

V. P. Maşovet, prezintă în articolul „Influenţa inserţiunilor neconducătoare asupra conductibilităţii electrice a electrolitului" un studiu asupra micşorării conductibilităţii electrice a electrodului în cazul când conţine corpuri neconducătoare de formă cilindrică sau sferică.

Autorul stabileşte o formulă la calcularea conductibilităţii relative valabilă pentru sistemele de corpuri sferice şi o aplicabilitate mai restrânsă însă (pentru umpleri cu $p \leqslant 0{,}4$) pentru corpurile cilindrice.

In articolul „Comportarea electrochimică a fierului în soluţii de oxidanţi", autorii L. I. Gurvici şi B. V. Achimov, studiază potenţiale de electrod ale fierului în medii oxidante diferite: soluţii de azotat de potasiu 0,1 N, 0,05 N, 0,01 N, 0001 N, soluţii de acid azotic 0,1 N...0,01 N, soluţii bicromat de potasiu. etc.

Se studiază deasemenea variaţia potenţialului de electrod al fierului în funcţie de diluarea soluţiilor de Fe $(NO_3)_3$ şi s'a stabilit că aceasta e în funcţie de concentraţia ionilor de Fe^{+++} şi în mai mică măsură de variaţia pH-ului.

Autorii au studiat şi determinat potenţialele de electrod în cazul soluţiilor neutre şi acide de azotaţi cu adaos de uree a soluţiilor de bicromat de potasiu, permanganat de potasiu şi persulfat de amoniu.

In articolul lui I. L. Rozenfeld „Relaţia dintre potenţialul de electrod al fierului şi concentraţia ionilor de hidrogen", se studiază problema comportării ferului în medii corozive pentru întregul interval de *p*H dela o la 14 în diferiţi electroliţi, la o valoare constantă a concentraţiei amoniului (Cl^+) precum şi în diferite soluţii tampon.

Autorul, în baza rezultatelor obţinute, arată că potenţialul electrodului de fier, nu este determinat de concentraţia ionilor de hidrogen pe întregul interval al *p*H-ului sau pe o porţiune importantă din interval, la fel ca în cazul potenţialelor electrozilor de oxigen şi hidrogen.

Autorul stabileşte că relaţia proprie a electrodului de hidrogen este caracteristică pentru fier în intervalele de *p*H = 0...5 şi 11...14, iar pentru intervalul de *p*H = 5...10 nu există o relaţie între potenţialul fierului şi concentraţia ionilor de hidrogen.

Autorul conclude că potenţialul de electrod al fierului, în medii cu diferite valori ale *p*H-ului nu depinde direct de viteza de coroziune deaceea el nu caracterizează univoc activitatea electrochimică a electrodului.

In articolul lui N. A. Izgarîşev şi A. A. Petrova „Procesul anodic de oxidare electrolitică a sulfaţilor în funcţie de

cationi", autorii cercetează influenţa cationilor, cuprinşi în primele trei grupe ale sistemului periodic al lui Mendeleev, asupra oxidării electrolitice a sulfaţilor în persulfaţi.

Scopul principal al cercetării a fost explicarea modului în care diferiţi cationi influenţează asupra cantităţii de persulfaţi, care se formează într'un anumit timp şi asupra randamentului în substanţe.

Articolul următor „Despre influenţa *p*H-ului asupra procesului de hidrogenare electrochimică", de N. T. Vagramian şi L. I. Antropov, autorii expun rezultatele obţinute la măsurarea supratensiunii pe catozii de platină şi mercur în soluţii cu *p*H-uri diferite în cazul reducerii electrochimice a nitrobenzenului.

Pe baza datelor obţinute autorii au conclus că procesul de hidrogenare electrochimică, în cazul folosirii electrodului de platină, se produce prin participarea atomilor de hidrogen absorbiţi de electrod, iar în cazul folosirii catodului de mercur, procesul de reducere are loc datorită ionilor de hidrogen aflaţi în stratul dublu.

N. A. Izmailov şi A. M. Alexandrova în articolul intitulat: „Comportarea electrodului de sticlă în medii neapoase. Erorile electrodului de sticlă în regiunile acide şi alcaline, în etanol şi în amestecurile acestuia cu apă, „prezintă o serie cercetări asupra comportării electrozilor din sticlă Yous Mac-Ynnes şi Dole în amestecuri de alcool etilic şi apă, alcool etilic absolut şi alcool metilic absolut.

Autorii au stabilit că, curba de etalonare a electrodului de sticlă în soluţiile mai sus indicate trece printr'un maxim în regiunea alcalină, care se deplasează odată cu creşterea conţinutului în alcool etilic înspre regiunea mai alcalină.

In regiunea acidă, curba de etalonare a electrodului de sticlă trece printr'un minim, a cărui poziţie se deplasează spre regiunea mai puţin acidă pe măsura trecerii dela apă spre alcool etilic absolut.

Autorii arată că folosirea electrodului de sticlă în amestecurile de alcool etilic şi apă şi în alcool etilic absolut este aplicabilă, însă odată cu creşterea conţinutului în alcool se micşorează regiunea de utilizare a electrodului.

In ultimul articol cu titlul „Comportarea electrodului de sticlă în medii neapoase. Comportarea electrodului de sticlă în acid acetic glacial" de N. A. Izmailov şi A. M. Alexandrova, autorii studiază comportarea electrozilor de sticlă în acid acetic glacial şi stabilesc posibilitatea practică de utilizarea electrodului de sticlă în acid acetic la determinarea *p*H-ului.

INDICAŢIUNI PENTRU AUTORI

Redacţia roagă autorii să ţină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal şi ale Planului de Electrificare şi să reflecte munca şi realizările dela locul de producţie, precum şi însuşirea experienţei şi tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel ştiinţific şi tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate şi într'un stil clar, sobru şi concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academiei R.P.R., iar notaţiile şi termenii tehnici să fie în concordanţă cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depăşească în general 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la maşină, în dublu exemplar, pe o singură faţă a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, pe ambele exemplare. In mod excepţional articolele vor putea fi scrise şi de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeţ şi tot pe o singură faţă a hârtiei.

6. Articolele să fie însoţite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoţite de desene, grafice şi fotografii; numărul lor să fie numai cel strict necesar înţelegerii textului.
Desenele să fie executate în tuş negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepţional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate şi clare. Indicaţiile sau notaţiile de pe desene vor fi scrise citeţ. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puţin 9 × 12 cm.
Desenele, graficele şi fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se şi o listă a lor, care să cuprindă neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menţionat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală şi foarte citeţ. Indicii să fie scrişi mai jos, iar exponenţii mai sus; şi unii şi ceilalţi, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate şi să se indice unităţile de măsură în care sunt alcătuite. Unităţile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conţinutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenţie pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligaţi ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea şi editura, anul apariţiei, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeţ, numele şi pronumele complet, adresa, instituţia unde lucrează şi numerele de telefon spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie, precum şi domiciliul şi circumscripţia financiară pentru a li se putea remite drepturile de autor.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituţiei respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligaţi să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmiţându-se nicio modificare faţă de manuscris.

14. Remunerarea articolelor şi a desenelor se face după apariţie potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POŞTALE DELA ORAŞE ŞI SATE, PRIN FACTORI POŞTALI, PRIN PROPAGANDIŞTI, PRECUM ŞI LA SECŢIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

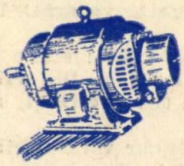
Tarif pentru întreprinderi — *LEI 96 anual*

Tarif pentru muncitori, tehnicieni, ingineri — *LEI 30 anual*

L. B. RIVLIN

MOTOARELE ELECTRICE ŞI EXPLOATAREA LOR

TRADUCERE DIN LIMBA RUSĂ



EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

Manualul tratează despre principalele noţiuni priviud motoarele electrice de curent continuu şi alternativ şi aparatajul pentru pornirea şi reglarea lor.

L. I. BAIDA

CURS GENERAL DE MĂSURĂRI ELECTRICE

TRADUCERE DIN LIMBA RUSĂ

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

Lucrarea conţine principiile tehnicei măsurătorilor electrice, descriind construcţiile instrumentelor şi dispozitivelor care servesc la efectuarea acestora.

L. V. LITVAC
DOCTOR ÎN ŞTIINŢE TEHNICE

PROBLEMELE AMELIORARII FACTORULUI DE PUTERE IN INTREPRINDERILE INDUSTRIALE

TRADUCERE DIN LIMBA RUSĂ

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

Cartea este destinată inginerilor şi tehnicienilor din energetica industrială. Prezintă o serie de soluţii practice pentru ameliorarea factorului de putere în întreprinderi fiind indicate şi o serie de considerente de ordin tehnico-economic.

COLECŢIA ENERGETICĂ

N. L. BUTENCO

CĂLĂUZA LĂCĂTUŞULUI LA MONTAREA SUPRAFEŢELOR DE ÎNCĂLZIRE ALE CAZANELOR CU ABUR

TRADUCERE DIN LIMBA RUSĂ

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

Călăuza serveşte lăcătuşilor, care montează suprafeţele de încălzire ale cazanelor de abur la centralele termoelectrice. Se expun regulile şi normele tehnice şi se descriu operaţiile principale ce se execută la aceste lucrări.

E 2040
d.

KAT

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Institut. de Documentare Tehnică
BUCUREŞTI
OFERTE - CERERE
WYMIENA - GESUCHE
WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

Országos Műszaki Könyvtár
TULAJDONA

12

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

1953

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

1958

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

APARE LUNAR SUB ÎNGRIJIREA UNUI COMITET DE REDACŢIE

Anul I · Nr. 12 Decembrie 1953

CUPRINSUL

Pag.

* * * : A VI-a aniversare a proclamării Republicii Populare Române 3

M. V. Popov: Aplicarea principiului dualităţii la metoda de rezolvare a reţelelor electrice prin descompunere în reţele elementare 5

T. Dordea: Studiul şi calculul redresorului vibrator comandat electromagnetic 11

P. Demilano: Cablul hertzian 23

W. Haqué: O riglă de calcul pentru consumuri specifice 30

DIN EXPERIENŢA ŢĂRILOR DE DEMOCRAŢIE POPULARĂ

B. Török şi T. Csizy: Rezistenţa termică şi dinamică a transformatorilor de intensitate şi în special al celor cu bobinaje de aluminiu 33

A. Avramescu: Observaţii la lucrarea: „Rezistenţa termică şi dinamică a transformatorilor de intensitate şi în special a celor cu bobinaje de aluminiu" de B. Török şi T. Csizy 40

DIN ACTIVITATEA A. S. I. T.

Consfătuirea pe ţară cu tema: Coroziunea reţelelor subterane 42

Tabla de materii a revistei Electrotehnica pe anul 1953 43

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

* * * : VI-ая годовщина Румынской Народной Республики 1

М. В. Попов: Применение принципа дуальности к способу расчета электрических сетей разложением на элементарные сети 5

Т. Дордя: Исследование и расчет вибровыпрямителя с электромагнатным управлением 11

П. Демилано: Радиорелейная линия 23

В. Хаке: Счётная линейка удельного расхода . . 30

ИЗ ОПЫТА СТРАН НАРОДНОЙ ДЕМОКРАТИИ

Б. Терек и Т. Чизи: Термическое и динамическое сопротивление токовых трансформаторов, в особенности с алюминиевыми обмотками 33

А. Аврамеску: Замечания о статье: „Термическое и динамическое сопротивление токовых трансформаторов, в особенности с алюминиевыми обмотками 40

ИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ А.С.И.Т.

Совещание по стране на тему: Коррозия подземных сетей 42

Содержание журнала электротехника зат 1953 од 43

REDACŢIA: Bucureşti, B-dul 1848 Nr. 10
Raionul Tudor Vladimirescu
Telefon: 30730 — 35728

A VI-a ANIVERSARE A PROCLAMĂRII REPUBLICII POPULARE ROMÂNE

30 Decemvrie 1947 — data abolirii monarhiei — reprezintă pentru fiecare om al muncii din țara noastră, ziua unei măreți victorii pe drumul luminos al făuririi unei vieți noi. Instaurarea regimului de democrație populară, regim ce are la temelie alianța trainică dintre clasa muncitoare și țărănimea muncitoare — clasa muncitoare având rolul de hegemon — a însemnat cucerirea puterii de către cei ce muncesc dela orașe și sate.

Eliberarea patriei noastre de sub jugul fascist de către Armatele Sovietice la 23 August 1944, a dat putință forțelor populare sub conducerea Partidului Comunist Român să nimicească puterea politică a claselor exploatatoare. Dela această dată poporul nostru, având sprijinul frățesc al popoarelor Marii Uniuni Sovietice, a pornit cu entuziasm la făurirea unei vieți fericite, devenind un factor activ în marea familie a popoarelor libere.

In timp ce țările lagărului democrat, în fruntea căruia se află Statul Sovietic, sunt legate prin relații trainice de tip nou, caracterizate prin prietenie și într'ajutorare frățească, țările dominate de capitalul american sunt măcinate de contradicții puternice. Țările cotropite de imperialismul american, împovărează masele muncitoare cu bugete de război, ducând astfel la pauperizarea oamenilor muncii, la creșterea șomajului în aceste țări și a mizeriei celor ce muncesc.

Uniunea Sovietică ne-a sprijinit în toate domeniile vieții politice, economice și culturale, ajutorul sovietic în domeniul tehnicii fiind cel mai calificat și de prim rang.

Abolirea monarhiei, ultimul stâlp al imperialismului și reacțiunii interne, a marcat isgonirea dela putere a celui mai mare capitalist și moșier și preluarea conducerii Statului de către clasa muncitoare.

Nemai întâlnite în istoria poporului nostru sunt cuceririle democratice și libertățile cetățenești pe care le-a obținut clasa muncitoare.

Fiecare om cinstit își amintește cu ură de vremurile negre ale trecutului. Exploatarea cruntă, exercitată de burghezo-moșierime, în frunte cu monarhia, a mers mână în mână cu jefuirea bogățiilor țării noastre de către imperialiștii străini. Muncitorilor noștri li se aplicau „curbe de sacrificiu", impozite, amenzi și multe alte rețineri. Pentru a întregi aspectul sumbru al vieții de atunci, sunt cei peste 500 000 șomeri din anii crizei 1929—1932. „Drepturile și libertățile" acordate de regimul burghezo-moșieresc s'au putut vedea în reprimarea sângeroasă a răscoalei din 1907, uciderea muncitorilor la 13 Decembrie 1918, masacrul minerilor în 1929 și mitralierea ceferiștilor în 1933.

După cucerirea puterii politice de către clasa muncitoare s'a trecut la naționalizarea principalelor mijloace de producție care a permis crearea unui sector socialist în industrie, comerț, transport, etc.

In anii regimului de democrație populară, formă a dictaturii proletariatului, s'a desvoltat puternic industria socialistă. Astfel, în anul 1953, volumul producției industriale este de circa 2,5 mai mare decât în 1938 și de 3,5 ori mai mare decât în 1948. Industria electrotehnică, creată și desvoltată în anii regimului de democrație populară, produce azi mașini și aparate electrice necesare electrificării țării, bunuri de larg consum, ca lămpi, aparate de radio, acumulatori, contoare monofazice, etc.

Traducând în viață prevederile planului cincinal, se construesc transformatori de înaltă putere, motoare mari pentru linii de ciment, aparataj de înaltă tensiune, cabluri de lumină și forță, utilaj electric pentru industria extractivă, metalurgică, etc.

S'au obținut deasemenea o serie de realizări pe tărâmul agriculturii. Cele 4 000 gospodării și întovărășiri colective existente dovedesc necontenit țărănimii noastre muncitoare superioritatea agriculturii socialiste pe baza științei celei mai avansate. Agricultura noastră este înzestrată cu: tractoare, mașini agricole, îngrășăminte chimice. Recoltele sporite la hectar obținute de gospodăriile colective, au contribuit la ridicarea bunei stări a colectiviștilor și a demonstrat practic justețea liniei Partidului de colectivizare a agriculturii.

Având la bază rezultatele obținute în crearea industriei grele și asigurând în viitor o desvoltare

rațională și neforțată a acesteia, Partidul și Guvernul pun ca preocupare centrală desvoltarea industriei bunurilor de larg consum și lichidarea rămânerii în urmă a agriculturii, în scopul satisfacerii în proporții tot mai largi a nevoilor materiale și culturale a celor ce muncesc.

Traducându-se în viață Hotărîrile Plenarei lărgite a Comitetului Central a Partidului Muncitoresc Român din 19—20 August 1953, Guvernul Republicii Populare Române a dat o serie de Decrete și Hotărîri importante, care vor aduce sub diferite forme muncitorilor și funcționarilor, până la sfârșitul anului 1954, un câștig de circa două miliarde lei.

Clasa muncitoare din țara noastră a cucerit și consfințit în Constituția Republicii Populare Române, o serie de drepturi și libertăți pe care nu le putea visa în regimul capitalist. Eliberare de sub jugul exploatării, dreptul la muncă, odihnă, învățătură, asigurarea materială în caz de bătrânețe sau pierderea capacității de muncă, sunt înfăptuiri vii, asigurate fiecărui om al muncii.

O ilustrare vie a drepturilor și libertăților de care se bucură cetățenii Republicii Populare Române, a constituit-o alegerile de deputați în Sfaturile Populare din 20 Decembrie 1953. Manifestare a democratismului și a vitalității regimului nostru, mărturie a vieții noi politice ce se desfășoară în țara noastră, alegerile s'au desfășurat într'o atmosferă de entuziasm sărbătoresc. Alegerea celor mai buni și mai vrednici fii ai poporului nostru, în conducerea organelor locale ale puterii de Stat va duce la o participare tot mai largă a maselor de cetățeni, la conducerea treburilor de Stat și obștești, la întărirea Statului nostru.

Pe plan internațional, a VI-a aniversare a Republicii Populare Române se sărbătorește — în condițiile succeselor dobândite de lagărul păcii și democrației în frunte cu Uniunea Sovietică pentru destinderea încordării internaționale. Cu deosebită vigoare se desfășoară lupta milioanelor de oameni care cer cu insistență rezolvarea pe calea tratativelor a problemelor litigioase.

Politica Republicii Populare Române, politică de pace și colaborare internațională, de prietenie și alianță cu Uniunea Sovietică, este sprijinită de oamenii muncii din țara noastră, deoarece ea corespunde pe deplin intereselor poporului român.

Alianța cu Uniunea Sovietică este o chezășie a independenței și suveranității țării noastre, a construirii cu succes a societății socialiste.

A VI-a aniversare a Republicii Populare Române constitue un prilej de manifestare sărbătorească a avântului creator al poporului nostru, pus în slujba îndeplinirii sarcinilor trasate de Partid și Guvern pentru ridicarea bunei stări a oamenilor muncii, de manifestare a dorinței noastre de pace.

APLICAREA PRINCIPIULUI DUALITĂȚII LA METODA DE REZOLVARE A REȚELELOR ELECTRICE PRIN DESCOMPUNERE IN REȚELE ELEMENTARE

Ing. M. V. POPOV

Se desvoltă din punctul de vedere al principiului dualității metoda de rezolvare a rețelelor electrice prin descompunere în rețele elementare, publicată într'un articol precedent [2] stabilind duala acestei metode. Se automatizează procesul găsirii soluției, în ambele metode de analiză, cu ajutorul unor tabele. Se dă criteriul după care se stabilește care din cele două metode de analiză convine a se aplica pentru ca soluția unei rețele oarecare să se obțină în forma cea mai simplă.

1. Introducere. In lucrări anterioare [1], [2] s'a expus o metodă nouă generală și rapidă pentru rezolvarea rețelelor electrice cu elemente localizate, metodă care constă în descompunerea rețelei date într'un număr suficient de mare de rețele elementare soluționabile imediat. La stabilirea acestei metode s'a pornit dela constatarea că în expresiile mărimilor electrice calculate cu metoda descompunerii în contururi independente apar unii termeni egali și de semne contrarii care complică în mod inutil operațiile de calcul. Cauza apariției acestor termeni s'a arătat că rezidă în structura specială pe care o au determinanții rețelelor electrice, iar principiul metodei a rezultat tocmai pe baza proprietăților speciale ale acestor determinați.

Principiul dualității din teoria rețelelor electrice presupune existența unei metode duale față de metoda expusă în lucrările amintite și stabilirea acestei metode duale face obiectul lucrării de față. Pentru stabilirea metodei duale este suficient să se înceapă studiul nu de la analiza rețelei pe baza descompunerii în contururi independente, ci dela duala acesteia, adică dela analiza nodală a rețelei. Mersul raționamentelor este asemănător aceluia expus în lucrarea [2], căreia lucrarea de față îi este o continuare directă.

Asimilarea lucrării [2] este deci necesară pentru înțelegerea completă a prezentei expuneri. Totuși lectura și studiul prezentei lucrări este suficientă pentru aplicarea metodei cu rapiditate și siguranță atât în forma ei directă cât și în forma duală.

2. Analiza nodală a rețelelor electrice. Se consideră o rețea electrică oarecare având $n+1$ noduri numerotate dela 0 la n. Potențialul nodului 0 este luat ca potențial de referință. Se aplică din afară nodului oarecare i un curent cunoscut I_i, având sensul de curgere din exterior către nod. Intre fiecare nod (de exemplu: nodul j) și nodul 0 apar tensiuni (de exemplu E_j) care sunt necunoscute la începutul analizei. Scriind echilibrul curenților în nodurile $1, 2 \ldots n$ se obține, după cum se știe, următorul sistem de ecuații:

$$\left.\begin{aligned}
&Y_{11}E_1 - Y_{12}E_2 - Y_{13}E_3 \ldots\ldots - Y_{1n}E_n = I_1\\
&-Y_{21}E_1 + Y_{22}E_2 - Y_{23}E_3 \ldots\ldots - Y_{2n}E_n = I_2\\
&-Y_{31}E_1 - Y_{32}E_2 + Y_{33}E_3 \ldots\ldots - Y_{3n}E_n = I_3\\
&\vdots\qquad\vdots\qquad\vdots\qquad\vdots\qquad\vdots\qquad\vdots\qquad\vdots\\
&-Y_{n1}E_1 - Y_{n2}E_2 - Y_{n3}E_3 \ldots + Y_{nn}E_n = I_n
\end{aligned}\right\} \quad (1)$$

în care Y_{jk} este admitanța între nodurile j și k;

Y_{jj}—suma tuturor admitanțelor dintre nodul j și nodurile imediat vecine (cu alte cuvinte: admitanța între nodurile j și 0 atunci când toate celelalte noduri sunt legate în scurtcircuit la nodul 0).

Analiza nodală constă în soluționarea sistemului de ecuații (1) ceeace se efectuează deobicei, prin regula lui Kramer.

Este de remarcat că generalitatea metodei nu este restrânsă prin faptul că în analiza nodală intervin curenți aplicați. In cazul când rețeaua conține forțe electromotoare aplicate (de exemplu: între nodurile k și 0) se desființează brațul care conține forța electromotoare și se consideră un curent aplicat în nodul k de valoare necunoscută I_k. Valoarea lui I_k se găsește după rezolvarea sistemului (1) punând condiția ca E_k obținut din rezolvarea sistemului să fie egal cu forța electromotoare aplicată.

Pentru exemplificarea analizei nodale se consideră rețeaua din figura 1 în care s'au notat

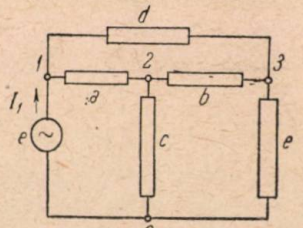


Fig. 1. Rețea pentru exemplificarea metodelor

cu literele a, b, c, d, e impedanțe. Cu scopul de a scoate mai bine în evidență relațiile între metodele duale de analiză, admitanțele se vor nota în prezenta lucrare în forma:

$$\frac{1}{a}, \frac{1}{b} \text{ etc.}$$

iar nu prin simbolurile speciale.

Sistemul (1) scris pentru rețeaua din figura 1 este:

$$\left.\begin{aligned}
&\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{d}\right)E_1 - \frac{1}{a}E_2 - \frac{1}{d}E_3 = I_1\\
&-\frac{1}{a}E_1 + \left(\frac{1}{a}+\frac{1}{b}+\frac{1}{c}\right)E_2 - \frac{1}{b}E_3 = 0\\
&-\frac{1}{d}E_1 - \frac{1}{b}E_2 + \left(\frac{1}{d}+\frac{1}{b}+\frac{1}{e}\right)E_3 = 0
\end{aligned}\right\} \quad (2)$$

Rezolvând sistemul (2) prin regula lui Kramer și desvoltând determinanții se găsește :

$$E_1 = I_1 \frac{\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{b}+\frac{1}{c}\right)\left(\frac{1}{d}+\frac{1}{b}+\frac{1}{e}\right)-\left(\frac{1}{b}\right)^2}{\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{d}\right)\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{b}+\frac{1}{c}\right)\left(\frac{1}{d}+\frac{1}{b}+\frac{1}{e}\right)-\frac{2}{a.b.d}-\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{b}+\frac{1}{c}\right)\left(\frac{1}{d}\right)^2-\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{d}\right)\left(\frac{1}{b}\right)^2-\left(\frac{1}{d}+\frac{1}{b}+\frac{1}{e}\right)\left(\frac{1}{a}\right)^2} \quad (3)$$

După desfacerea parantezelor expresia se simplifică datorită termenilor care se anulează reciproc. La numitor din 10 termeni rămân în urma reducerilor 8, iar la numărător din 28 termeni rămân 8. Se constată deci aceleași dificultăți la analiza nodală ca și la analiza prin descompunere în contururi independente.

3. **Echivalența dintre metodele duale de analiză. Rețele inverse.** Comparând sistemul de ecuații (1) cu sistemul analog obținut în cazul aplicării metodei descompunerii în contururi independente se poate extrage un tablou de echivalență între elementele care intervin în metodele duale (tabela 1).

Cu privire la echivalența contur-nod se constată că după cum există un nod luat ca referință (nodul *0*) nod la care se reduce rețeaua când se fac infinite toate admitanțele Y_{jk}, tot astfel există și un contur care nu intervine în sistemul de ecuații, contur la care se reduce rețeaua când se fac infinite toate impedanțele Z_{jk}.

Toate aceste echivalențe permit să se soluționeze imediat problema găsirii rețelelor inverse, adică a acelor rețele care se bucură de proprietatea că sistemul de ecuații obținut prin analiza nodală a unei rețele este identic cu sistemul de ecuații obținut prin descompunere în contururi independente a celeilalte rețele. Pentru aceasta conform tabelei 1, este suficient să se înlocuiască fiecare contur cu un nod (inclusiv conturul care corespunde nodului *0*) și să se înlocuiască fiecare impedanță comună la două contururi cu o admitanță egală cu ea și situată între nodurile corespunzătoare celor două contururi.

4. **Descompunerea în rețele elementare privită din punctul de vedere al principiului dualității.** La punctele 2 și 3 s'a expus metoda de analiză nodală în suficientă măsură pentru a stabili punctul de plecare al acestei lucrări. Trecând la subiectul propriu zis al lucrării se vor examina rezultatele expuse în lucrarea [2] cu scopul stabilirii echivalentelor lor duale. Pentru aceasta sunt posibile două căi : sau se refac toate demonstrațiile pornind dela sistemul de ecuații (1) sau se folosește echivalența din tabela 1. Se adoptă ultima cale deoarece este tot atât de sigură dar mai scurtă.

Sistemele de ecuații corespunzând celor două metode de analiză fiind echivalente se poate afirma că și determinanții aferenți au aceleași proprietăți. Prin urmare, în ambele metode de analiză rețeaua dată se poate descompune în *rețele elementare* având proprietatea că expresiile determinanților lor sunt termeni în expresia determinanților corespunzători din rețeaua dată. Pentru a se găsi expresia determinanților rețelei inițiale trebue deci să se facă suma determinanților corespunzători ai rețelelor elementare.

Descompunerea în rețele elementare se efectuează, după cum s'a arătat, aplicând transformarea din figura 2 unui număr de elemente ale rețelei și punând succesiv comutatoarele astfel introduse în toate combinațiile de poziții posibile.

Transformarea din figura 2 se poate aplica oricărei impedanțe din rețea. Orice impedanță din rețea se poate considera drept o impedanță comună la două contururi cu condiția să se țină seamă și de conturul echivalent nodului zero (contur despre care s'a vorbit la punctul 3).

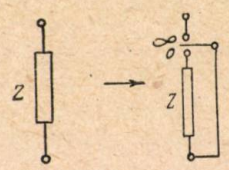


Fig. 2. Transformarea aplicată unui element de rețea în scopul descompunerii în rețele elementare

Tabela 1 arată că unei impedanțe de tipul Z_{jk} îi corespunde o admitanță de tipul Y_{jk}, deci o admitanță oarecare din rețea. Prin urmare *descompunerea rețelei în rețele elementare se face conform figurii 2 atât în metoda bazată pe contururi cât și în metoda duală.* Singura diferență care intervine este inversarea pozițiilor 0 și ∞, căci la o impedanță zero corespunde o admitanță infinită și reciproc.

Mai departe, rețelele elementare se descompun în subrețele având proprietatea că determinanții rețelei elementare se obțin prin înmulțirea determinanților subrețelelor rețelei elementare. O subrețea se numește *activă* dacă înlăturarea ei din rețea modifică mărimea electrică studiată și se numește *parazitară* în caz contrar.

Tabela 1

Echivalența între elementele care intervin în metodele duale

In loc de : în analiza de circuite	Intervine în analiza nodală :
Tensiune aplicată E	Curent aplicat I
Contur independent	Nod
I necunoscut în contur	E necunoscut pe nod
Impendanță totală a conturului Z_{jj}	Admitanța între nodul considerat și toate celelalte noduri legate în scurtcircuit Y_{jj}
Impendanța comună la două contururi Z_{jk}	Admitanța între două noduri Y_{jk}

După efectuarea acestor descompuneri scrierea mărimii electrice oarecare are loc, atât în metoda bazată pe contururi cât și în metoda dual, în următoarea ordine :

Se examinează subrețeaua activă a primei rețele elementare și se scrie în formă de fracție simplă expresia pe care o capătă în această subrețea mărimea electrică de calculat. Se înmulțește atât numitorul cât și numărătorul cu produsul determinanților principali ai subrețelelor parazitare din prima rețea elementară. Se repetă aceleași operații asupra rețelei elementare următoare și rezultatul se adună la precedentul într'un mod particular și anume : numitor la numitor și numărător la numărător. Se procedează analog până la ultima rețea elementară.

Diferența între cele două metode apare la calculul subrețelelor, deoarece în cazul analizei bazată pe contururi se folosesc impedanțe, iar în cazul analizei nodale se folosesc admitanțe. In cele ce urmează se examinează în detaliu aceste diferențe și se dă un îndreptar pentru aplicarea sigură și rapidă a metodei în oricare dintre formele ei duale.

5. **Rezolvarea rețelelor elementare în metodele duale.** Prima problemă care se pune după stabilirea rețelelor elementare este separarea lor în subrețele. Această separare se efectuează cu ușurință observând că între două subrețele nu există nici o impedanță comună, ci contactul dintre ele este constituit sau dintr'un singur punct sau dintr'o linie de impedanță zero.

Subrețelele care nu conțin vreo forță electromotoare aplicată sau vreun curent aplicat, se numesc subrețele parazitare. Subrețeaua care conține tensiunea sau curentul aplicat se poate uneori și ea împărți în mai multe secțiuni situate fie în paralel cu forța electromotoare aplicată, fie în serie cu curentul aplicat. Acele secțiuni care cuprind în ele mărimea electrică studiată formează împreună subrețeaua activă. Restul secțiunilor se pun în scurtcircuit (dacă erau în paralel cu forța electromotoare) sau se lasă în gol (dacă erau în serie cu curentul) și se consideră subrețele parazitare, tratându-se ca atare.

5.1. *Calculul subrețelei active.* Alegând un număr suficient de impedanțe transformate ca în figura 2 subrețelele active pot întotdeauna să se aducă la unul din cazurile din tabela 2. Această tabelă este întocmită pentru cazul când mărimea care trebue calculată este o impedanță sau admitanță de intrare (resimțită la punctele de alimentare). Ea poate fi însă folosită direct și pentru calculul curentului sau tensiunei la bornele de alimentare. Este de observat că rețelele *1* și *1'*, *2* și *2'*, *3* și *3'* sunt structural inverse între ele, fapt care se verifică și prin coincidența între rezultatele analizei cu impedanța a unei rețele și ale analizei cu admitanțe a celeilalte. Rețelele *2*, *2'* și *3*, *3'* sunt cazuri particulare ale rețelelor *1*, *1'*. Trebue remarcat că simbolurile de tipul

$$\sum_{j=1}^{n} \frac{\pi_{i=1}^{n} Z_i}{Z_j}$$

care intervin în expresiile din tabelă nu reprezintă sume de fracții ci expresii de forma :

$$\sum_{j=1}^{n} \frac{\pi_{i=1}^{n} Z_i}{Z_j} = Z_2 \cdot Z_3 \ldots Z_n + Z_1 \cdot Z_3 \ldots Z_n + \ldots + Z_1 \cdot Z_2 \ldots Z_{n-1} \qquad (4)$$

In cazul în care mărimea electrică studiată nu este reductibilă la o impedanță de intrare, ci este de natura unui curent sau tensiuni într'un element oarecare al rețelei, se va întrebuința tabela 3. In această tabelă rețelele *1*, *1'* și *2*, *2'* sunt deasemenea structural inverse. Dacă mărimea de calculat este o tensiune la bornele mai multor impedanțe în serie sau un curent printr'o ramură care conduce la mai multe impedanțe în paralel trebue să se facă o sumă de tensiuni sau curenți dată de tabela 3. Dacă mărimea electrică studiată nu se găsește în subrețeaua care cuprinde forța electromotoare sau curentul aplicat, atunci subrețeaua se va trata ca o subrețea parazitară.

5.2. *Calculul determinanților principali ai subrețelelor parazitare.* Subrețelele parazitare pot întotdeauna să fie aduse la una din structurile de bază din tabela 4. Această tabelă este întocmită în mod analog cu tabelele 2 și 3. Rețelele *2* și *2'* sunt cazuri particulare ale rețelelor *1* și *1'*. Ele introduc determinanți care prin convenție se iau egali cu 1. Rețelele *3* și *3'* sunt cazuri mai particulare și determinanții lor sunt nuli. In general, determinantul principal al unei rețele este nul dacă rețeaua conține cel puțin un contur în scurtcircuit (cazul rețelei *3*) sau dacă are cel puțin un punct din rețea izolat de restul rețelei (cazul rețelei *3'*). Dacă o subrețea parazitară este mai complexă decât structurile din tabela 4 atunci se aplică iarăși transformarea *2* asupra unor impedanțe din subrețea, descompunând-o astfel în subrețele care se găsesc în tabelă.

6. **Exemplu de aplicare.** Pentru rezolvarea rețelei din figura 1 se aplică transformarea din figura 2 impedanțelor *c* și *d*. Punând comutatoarele în toate combinațiile de poziții posibile se găsesc patru rețele elementare. Ele se soluționează cu ajutorul tabelelor 2, 3, 4.

Fie de calculat admitanța la intrare în funcție de admitanțele rețelei. Incepând cu subrețeaua obținută punând ambele comutatoare pe poziția ∞ se obține subrețeaua activă compusă din admitanțele $\frac{1}{a}$, $\frac{1}{b}$ și $\frac{1}{e}$ în paralel. Subrețeaua și soluția ei se găsește în linia *2* din tabela 2. Subrețelele parazitare, compuse din admitanțele $\frac{1}{c}$ și $\frac{1}{d}$ în gol sunt date de linia *2'* din

tabela 4. Procedând analog cu celelalte subrețele se găsește soluția :

$$Y = \frac{\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{b}+\frac{1}{c}\right)\frac{1}{c\cdot d}+\frac{1}{a}\cdot\frac{1}{c}\left(\frac{1}{b}+\frac{1}{e}\right)+\frac{1}{e}\frac{1}{d}\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{b}\right)+\frac{1}{a\cdot b\cdot e}}{\frac{1}{c\cdot d}+\frac{1}{c}\left(\frac{1}{b}+\frac{1}{e}\right)+\frac{1}{d}\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{b}\right)+\frac{1}{a\cdot b}+\frac{1}{a\cdot e}+\frac{1}{b\cdot e}} \quad (5)$$

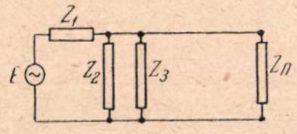
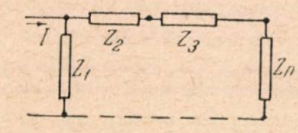
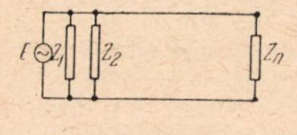
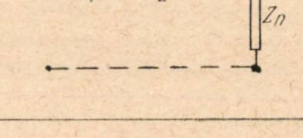
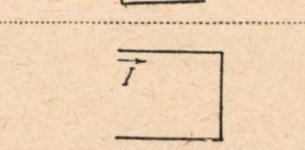
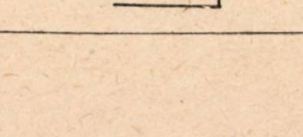
In cazul analizei cu impedanțe, aceleași rețele elementare conduc la soluția :

$$Z = \frac{(a+b+e)\,c\cdot d+a\cdot d\,(b+e)+e\cdot c\,(a+b)+a\cdot b\cdot e}{c\cdot d+d\,(b+e)+c\,(a+b)+a\cdot b+a\cdot e+b\cdot e} \quad (6)$$

Analog, se poate scrie expresia oricărei alte mărimi electrice din rețeaua din figura 1 Este de remarcat că folosirea tabelelor 2, 3 și 4 nu este obligatorie, deoarece aceste tabele se pot memoriza cu ușurință.

7. Relații între metodele de analiză. Criterii pentru alegerea metodei. Deosebirea esențială între cele două metode de analiză este că în timp ce una folosește impedanțe, cealaltă folosește admitanțe. Orice mărime electrică se poate exprima atât în funcție de impedanțe cât și în funcție de admitanțe. Fiind dat un fel de exprimare se poate deduce celălalt. Un raționament simplu arată și modul în care se deduc unele din altele cele două moduri de exprimare; fie să se obțină o expresie în admitanțe dacă se cunoaște aceeași expresie în impedanțe. Pentru aceasta este suficient să se împartă atât numitorul cât și numărătorul expresiei de impedanțe cu un produs de admitanțe. Acest produs de impedanțe trebue să cuprindă toate impedanțele din rețea la puterea întâia. Intr'adevăr, dacă ar cuprinde mai puține impedanțe, atunci impedanțele care nu ar fi cuprinse în produs ar apărea și în urma împărțirii cu acest produs. Dacă dimpotrivă, ar cuprinde și impedanțe

Impedanțele și admitanțele de intrare *Tabela 2*

Nr. rețelei	R e t e a u a	Analiza cu impendanțe	Analiza cu admitanțe
1		$Z = \dfrac{\sum_{j=1}^{n} \dfrac{\prod_{i=1}^{n} z_i}{z_j}}{\sum_{j=1}^{n} \dfrac{\prod_{i=1}^{n} z_i}{z_j}}$	$Y = \dfrac{\dfrac{1}{Z_1}\sum_{i=2}^{n}\dfrac{1}{z_i}}{\sum_{i=1}^{n}\dfrac{1}{z_i}}$
1′		$Z = \dfrac{Z_1\sum_{i=2}^{n} Z_i}{\sum_{i=1}^{n} Z_i}$	$Y = \dfrac{\sum_{j=1}^{n} \cdot \dfrac{\prod_{i=1}^{n}\frac{1}{z_i}}{\frac{1}{z_j}}}{\sum_{j=2}^{n} \cdot \dfrac{\prod_{i=2}^{n}\frac{1}{z_i}}{\frac{1}{z_j}}}$
2		$Z = \dfrac{\prod_{i=1}^{n} z_i}{\sum_{j=1}^{n} \dfrac{\prod_{i=1}^{n} z_i}{z_j}}$	$Y = \sum_{i=1}^{n}\dfrac{1}{z_i}$
2′		$Z = \sum_{i=1}^{n} z_i$	$Y = \dfrac{\prod_{i=1}^{n}\frac{1}{z_i}}{\sum_{j=1}^{n}\dfrac{\prod_{i=1}^{n}\frac{1}{z_i}}{\frac{1}{z_j}}}$
3		$Z = \dfrac{1}{0}$	$Y = \dfrac{0}{1}$
3′		$Z = \dfrac{1}{0}$	$Y = \dfrac{1}{0}$

la puteri mai mari atunci expresia ar cuprinde după împărțire admitanțe la puteri mai mari decât 1 ceeace printr'un raționament analog cu cel arătat în lucrarea [2], se poate demonstra că nu este cu putință. In acest caz ar apare factori comuni atât la numitor cât și la numărător, factori care s'ar reduce.

S'a stabilit astfel:

Regula 1. *Pentru a obține expresia unei mărimi electrice în funcție de admitanțe (respectiv impedanțe) atunci când se cunoaște expresia aceleiași mărimi în funcție de impedanțe (respectiv admitanțe) trebue să se împartă atât numitorul cât și numărătorul cu produsul tuturor impedanțelor (respectiv admitanțelor) care sunt cuprinse în rețeaua studiată.*

Această regulă se poate verifica în cazul tabelelor 2, 3 și 4 precum și în cazul formulelor (5) și (6). (In cazuri analoage formulelor (5) și (6) se deduce Y în funcție de admitanțe conform regulei 1 și apoi printr'o inversiune se deduce Z).

Regula 1 arată că indiferent de tipul de analiză utilizat se obține același număr de termeni. Numărul factorilor poate deveni însă mai mare sau mai mic. Este indicat să se aplice totdeauna acel tip de analiză care conduce la numărul minim de factori.

Dacă se efectuează analiza cu impedanțe, numărul de factori este $B-(N-1)$, în care B este numărul de brațe, iar N numărul de noduri al rețelei studiate. Efectuând analiza cu admitanțe numărul de factori este egal cu numărul de ecuații din sistemul (1), adică $N-1$ deoarece unul dintre noduri este luat ca referință. Dacă există deci inegalitatea:

$$B-(N-1)<N-1 \qquad (7)$$

este avantajoasă analiza cu impedanțe; în caz contrar este mai comodă analiza cu admitanțe. Transformând puțin inegalitatea (7) se găsește:

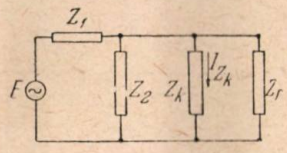
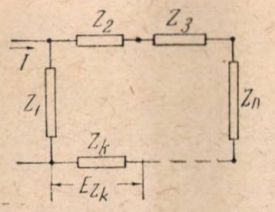
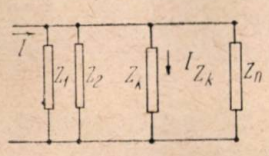
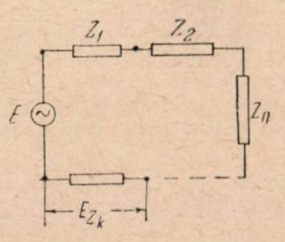
Regula 2. *Dacă numărul de brațe (B) și de noduri (N) din rețeaua studiată verifică inegalitatea*

$$B<2(N-1) \qquad (8)$$

este mai comodă analiza cu impedanțe. In caz contrar se aplică analiza de admitanțe.

Cel mai pronunțat avantaj al analizei cu impedanțe are loc în cazul rețelelor compuse din impedanțe în serie. In cazul impedanțelor în paralel apare cu evidență avantajul analizei cu admitanțe. In cazul rețelei din figura 1 inegalitatea (8) devine egalitate, deci ambele metode sunt tot atât de comode. Această concluzie este verificată de formulele (5) și (6).

Curenți și tensiuni în rețea *Tabela 3*

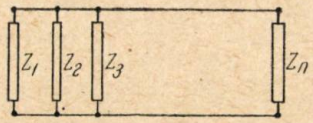
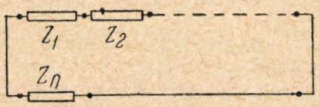
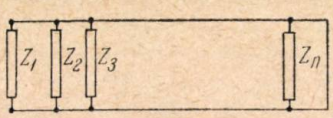
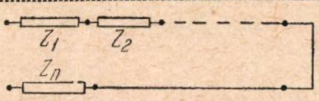
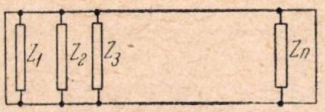
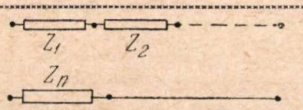
Nr. rețelei	Rețeaua	Analiza cu impedanțe	Analiza cu admitanțe
1		$I_{z_k}=E\cdot\dfrac{\prod_{i=2}^{n} z_i}{\sum_{j=1}^{u}\prod_{i=1}^{n} z_i / z_j}$	$I_{z_k}=E\cdot\dfrac{\frac{1}{z_1}\cdot\frac{1}{z_k}}{\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{z_i}}$
1′		$E_{z_k}=I\cdot\dfrac{Z_1\cdot Z_k}{\sum_{i=1}^{n} Z_i}$	$E_{z_k}=I\dfrac{\frac{\prod_{i=2}^{n}\frac{1}{z_i}}{\frac{1}{z_k}}}{\sum_{j=1}^{n}\frac{\prod_{i=1}^{n}\frac{1}{z_i}}{\frac{1}{z_j}}}$
2		$I_{z_k}=I\cdot\dfrac{\prod_{i=1}^{n} z_i}{\sum_{j=1}^{n}\prod_{i=1}^{n} z_i / z_j}$	$I_{z_k}=I\dfrac{\frac{1}{z_k}}{\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{z_i}}$
2′		$E_{z_k}=E\dfrac{Z_k}{\sum_{i=1}^{n} Z_i}$	$E_{z_k}=E\cdot\dfrac{\frac{\prod_{i=1}^{n}\frac{1}{z_i}}{\frac{1}{z_k}}}{\sum_{j=1}^{n}\frac{\prod_{i=1}^{n}\frac{1}{z_i}}{\frac{1}{z_j}}}$

8. **Observaţii finale.** In cuprinsul prezentei lucrări s'a stabilit echivalenţa dual㠹 a metodei de rezolvare a reţelelor electrice expusă în lucrarea [2]. In acelaşi timp, cu ajutorul tabelelor date în lucrare, s'a automatizat procesul găsirii soluţiei în ambele tipuri de analiză. S'au precizat totodată criteriile pe baza cărora se alege un tip de analiză sau celălalt.

Prin acestea, prima fază din studiul unei reţele este redusă la un timp neglijabil, atenţia şi energia cercetătorului putându-se concentra dela început asupra prelucrării şi interpretării soluţiei.

Nu s'a expus în lucrare cazul cuplajelor magnetice şi al tuburilor electronice. (Transformarea din figura 2 se aplică şi în acest caz, dar reţelele elementare obţinute nu se găsesc în tablourile din lucrare ci trebue calculate separat). Deasemenea nu au fost încă expuse simplificările pe care această metodă şi principiul care îi stă la bază aduce în teoria quadripolilor. Aceste aspecte vor fi expuse în alte lucrări.

Determinanţii principali ai structurilor de bază *Tabela 4*

Nr. reţelei	Structura	Determinantul principal	
		Analiză cu impedanţe	Analiză cu admitanţe
1		$\sum_{j=1}^{n} \frac{\prod_{i=1}^{n} z_i}{z_j}$	$\frac{1}{z_1}+\frac{1}{z_2}+\ldots+\frac{1}{z_n}$
1′		$Z_1+Z_2+\ldots\ldots+Z_n$	$\sum_{j=1}^{n} \frac{\prod_{i=1}^{n} \frac{1}{z_i}}{\frac{1}{z_j}}$
2		$\prod_{i=1}^{n} z_i$	1
2′		1	$\prod_{i=1}^{n} \frac{1}{z_i}$
3		○	○
3′		○	○

Bibliografie

[1] *Popov M.*: O nouă metodă pentru rezolvarea circuitelor electrice cu elemente localizate, Comunicările Academiei R.P.R., tomul II, Nr. 9—10, 1952, Ştiinţe Tehnice.

[2] *M. Popov*: Rezolvarea simplă a reţelelor electrice printr'o nouă metodă, Electrotehnica, Anul I, Nr. 7, Iulie, 1953.

[3] *Bode G.*: Teoria circuitelor şi proiectarea amplificatorilor cu reacţie negativă, Moscova, 1948.

★

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ДУАЛЬНОСТИ К СПОСОБУ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ РАЗЛОЖЕНИЕМ НА ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ СЕТИ

Резюме

С точки зрения принципа дуальности разрабатывается метод расчета электрических сетей разложением на элементарные сети, описанный в предшедствующей статье (2) устанавливая дуаль этого метода. Автоматизируется процесс нахождения решения обеими методами анализа с помощью таблиц. Дается критерий по которому устанавливается какой метод анализа подходит для получения решения самой простой формы для данной сети.

STUDIUL ŞI CALCULUL REDRESORULUI VIBRATOR COMANDAT ELECTROMAGNETIC

Ing. T. DORDEA

Lucrarea are ca scop să elaboreze o metodă de calcul al redresorului vibrator comandat electromagnetic, atunci când sunt date valorile mărimilor pentru care el trebue să funcţioneze: frecvenţa, valoarea tensiunii de comandă, valoarea tensiunii care se redresează şi eventual puterea consumată de redresor. Ea cuprinde o parte în care se urmăreşte mişcarea lamei vibrante, o a doua parte în care se stabilesc relaţiile de calcul al redresorului vibrator şi în ultima parte se dă un exemplu de calcul.

Introducere. In multe cazuri de nevoie ca redresarea să se facă complect, fără curent de întoarcere în perioada de repaus, cum este cazul diferitelor aparate electrice de măsură (fazometre, ferometre), sau ca acţiunea de redresare să poată avea loc independent de faza curentului care se redresează.

In astfel de cazuri redresoarele uscate (cuprosid, seleniu) nu mai sunt potrivite, rămânând ca utilizabile numai redresoarele mecanice, cari închid şi deschid circuitele respective, comandate fie prin came, fie electromagnetic.

Din punct de vedere constructiv, redresorul comandat prin came este mai simplu decât cel comandat electromagnetic atunci când tensiunea sau curentul redresat este produs de un generator pe al cărui arbore se găseşte dispozitivul cu came. Altfel este nevoie de un motor sincron, care să comande închiderea şi deschiderea contactelor.

Dacă sursa de curent este străină şi dacă este nevoie de a modifica momentul închiderii şi deschiderii circuitului în timpul funcţionării, atunci redresorul vibrator devine net superior prin faptul că, constructiv este mult mai simplu decât unul cu came, nu are alte piese în mişcare decât lama vibrantă, care stabileşte şi întrerupe contactul, iar faza se poate regla simplu prin modificarea parametrilor din circuitul de comandă a redresorului.

Negăsind în literatură o metodă de calcul redresorului vibrator comandat electromagnetic, necesitatea a făcut ca să se elaboreze o metodă nouă de calcul, care constitue scopul acestei lucrări.

I. **Studiul mişcării lamei vibrante.** Principiul de funcţionare a unui redresor vibrator comandat electromagnetic constă în : o lamă elastică în timpul mişcării ei închide şi deschide un circuit electric în mod periodic. Asupra lamei acţionează o forţă elastică, datorită elasticităţii lamei şi o forţă electromagnetică. Aceasta din urmă este datorită unui câmp magnetic continuu — dat de un curent continuu sau magnet permanent — peste care se suprapune un câmp magnetic alternativ, excitat de curentul de comandă.

Redresorul cel mai simplu şi totodată şi cel mai des utilizat, este redresorul cu o singură lamă vibrantă, incastrată (fig. 1) care se mişcă între armăturile electromagnetului E, închizând circuitul prin intermediul contactului K. Câmpul magnetic continuu este dat de un magnet permanent Mg. Liniile de câmp, indicate cu linii întrerupte, se închid peste întrefierurile δ_1, al căror rol se va vedea. Fie :

- V_{H0} — tensiunea magnetomotoare a magnetului permanent, considerată constantă (forţa coercitivă x lungimea magnetului) ;
- V_H — tensiunea magnetomotoare a unei bobini de excitaţie depe unul din cele două miezuri ale electromagnetului E ;
- Φ_0 — fluxul magnetului permanent care se închide prin electromagnetul E şi lama vibrantă ;
- Φ — fluxul care se închide în interiorul electromagnetului E, excitat de bobinele de excitaţie ;
- Φ_1 şi Φ_2 — fluxurile rezultante prin miezurile *1* şi *2* ale electromagnetului E ;
- R_0 — reluctanţa magnetică a tubului de câmp cu fluxul Φ_0 între punctele I şi II prin magnetul permanent (fig. 1) ;
- R — reluctanţa magnetică între punctele I şi II prin electromagnet, în ipoteza că lama vibrantă este la mijlocul întrefierului dintre armăturile electromagnetului E ;
- R_x — câtimea cu care variază reluctanţa magnetică a tubului de câmp dintre punctele I şi II prin electromagnet, atunci când lama vibrantă s'a mişcat din poziţia medie cu distanţa x.

Se observă că atunci când miezul *1* al electromagnetului este magnetizat de către curentul de excitaţie, atunci miezul *2* este demagnetizat, iar lama vibrantă este atrasă spre armătura *1* şi invers. Simultan cu aceasta variază şi reluctanţa magnetică între punctele I şi II prin electromagnet şi anume reluctanţa magnetică prin miezul magnetizat este $R - R_x$ iar prin cel demagnetizat $R + R_x$.

Considerăm că este magnetizat miezul *1*. Atunci între mărimile de mai sus există relațiile :

$$\begin{aligned} V_{H0} + V_H &= R_0\Phi_0 + \Phi_1 (R - R_x) \\ V_{H0} - V_H &= R_0\Phi_0 + \Phi_2 (R + R_x) \\ \Phi &= \Phi_1 + \Phi_2 \end{aligned} \qquad (1.1)$$

Rezolvând aceste relații în raport cu Φ_0, Φ_1 și Φ_2 se obține :

$$\Phi_0 = \frac{2R}{R^2 + 2R\ R_0 - R_x^2} V_{H0} + \frac{2R_x}{R^2 + 2R\ R_0 - R_x^2} V_H$$

$$\Phi_1 = \frac{R + R_x}{R^2 + 2R\ R_0 - R_x^2} V_{H0} + \frac{2R_0 + R + R_x}{R^2 + 2R\ R_0 - R_x^2} V_H \qquad (1.2)$$

$$\Phi_2 = \frac{R - R_x}{R^2 + 2R\ R_0 - R_x^2} V_{H0} - \frac{2R_0 + R - R_x}{R^2 + 2R\ R_0 - R_x^2} V_H$$

Acestea sunt valorile fluxurilor magnetice care caracterizează redresorul vibrator pentru diferite valori ale lui R_x deci pentru diferite poziții ale lamei vibrante. Fie Φ_0' valoarea lui Φ_0 pentru $R_x = 0$. Avem evident :

$$\frac{\Phi_0 - \Phi_0'}{\Phi_0'} = \left(1 + \frac{R_x}{R} \cdot \frac{V_H}{V_{H0}}\right) \cdot \frac{1}{1 - \dfrac{R_x^2}{R^2 + 2R\ R_0}} - 1 \qquad (1.3)$$

Printr'o alegere potrivită a mărimilor R, R_0, V_{H0} și a valorilor maxime ale lui V_H și R_x, se poate face ca expresia (1.3) să aibă o valoare mai mică decât o câtime dată și prin urmare variația lui Φ_0 să se reducă numai la câteva procente din Φ_0'. Spre exemplu pentru $\frac{V_{H0}}{V_H} \approx \frac{R_0}{R} = 10$ și $\frac{R}{R_x} = 5$ se obține $\frac{\Phi_0 - \Phi_0'}{\Phi_0'} = 0{,}021$, iar dacă se aleg valori mai mari decât 10 respectiv 5, atunci expresia (1.3) se reduce și mai mult.

Acest lucru se realizează prin alegerea potrivită a intrefierurilor δ_1 și δ_0.

In orice caz se poate reduce variația lui Φ_0 astfel, încât în mod practic să se poată considera că Φ_0 nu variază cu R_x, deci cu poziția lamei vibrante între armăturile electromagnetului.

Neglijând prin urmare pe R_x^2 față de $R^2 + 2R\ R_0$ și pe R_x față de $2R_0 + R$ relațiile (1.2) devin :

$$\begin{aligned} \Phi_0 &= 2V_{H0}/(R + 2R_0) \\ \Phi_1 &= (R + R_x)\, V_{H0}/(R^2 + 2R\ R_0) + V_H/R \\ \Phi_2 &= (R - R_x)\, V_{H0}/(R^2 + 2R\ R_0) - V_H/R \end{aligned} \qquad (1,4)$$

relații caracterizate prin valoarea constantă a lui Φ_0 în raport cu R_x. Cu valoarea lui Φ_0 din (1.4) se poate determina valoarea tensiunii magnetice dintre punctele *I* și *II*, prin magnetul permanent, care este :

$$V_{HI,\ II} = \Phi_0 R_0 - V_{H0} \qquad (1.5)$$

unde s'a considerat tensiunea magnetomotoare V_{H0} (corespunzătoare curenților moleculari) ca provenind dintr'o suprafață de discontinuitate pentru funcțiunea potențială a câmpului magnetic.

Relația (1.5) arată că tensiunea magnetică între punctele *I* și *II* este constantă și invariabilă cu poziția lamei vibrante, aceasta cu eroarea comisă când s'a trecut dela relațiile (1.2) la relațiile (1.4). Eroarea se poate reduce la valori acceptabile prin intermediul întrefierurilor care se prevăd în circuitul magnetic.

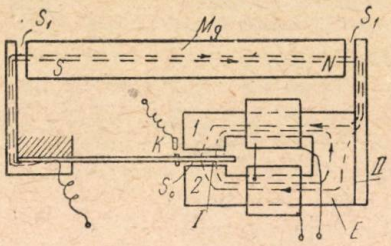


Fig. 1. Schema de principiu

In cele ce urmează se consideră că între punctele *I* și *II* din figura 1 are loc o diferență de potențial magnetic constantă și că permeabilitatea magnetică relativă a miezului electromagnetului *E* este deasemenea constantă, independentă de inducția magnetică. Această a doua ipoteză se face curent în studiul mașinilor și aparatelor electrice pentru inducții sub circa 0,8 Wbm^{-2}, cu excepția inducțiilor foarte mici.

In aceste condiții, inducția totală din unul din miezurile electromagnetului *E*, poate fi considerată ca suma a două inducții : o inducție B_0 care are loc atunci când $V_H = 0$ și o a doua B corespunzătoare lui V_H, în cazul că nu ar exista fluxul continuu Φ_0.

Se poate reduce astfel studiul magnetic al sistemului numai la studiul porțiunii cuprinsă între punctele *I* și *II* prin electromagnet. Se observă că inducția B corespunzătoare lui V_H (a înfășurării de excitație a electromagnetului) nu depinde de poziția lamei vibrante dintre armăturile electromagnetului, căci reluctanța magnetică a circuitului magnetic al electromagnetului este constantă (fig. 2).

Fie :

x — distanța cu care se deplasează lama față de poziția ei medie, în m ;

δ_0 — întrefierul de o parte a lamei vibrante când este în poziția medie, în m ;

μ — permeabilitatea magnetică relativă a miezului de oțel al electromagnetului ;

μ_0 — permeabilitatea magnetică absolută a spațiului vid $=4\pi.10^{-7}$ Henry m^{-2} în sistemul MKSA ;

l_f — lungimea liniei de câmp magnetic prin fier, între punctele *I*, și *II*, în m ;

B_{01} și B_{02} — inducțiile magnetice sub armăturile electromagnetului, pentru cazul că $V_H = 0$ și lama este deplasată cu x față de poziția medie, în Wbm^{-2} ;

B — inducția magnetică datorită excitației, în Wbm^{-2} ;

n — numărul de spire ale unei bobini de excitație ;

i — intensitatea curentului electric de excitație, care trece prin bobine, în A ;

i_0 — intensitatea unui curent electric fictiv, care trecând prin spirele bobinelor produce o tensiune magnetică egală cu $V_{HI.\ II}$ (relația 1. 5) ; aceasta fiind constantă și i_0 este un curent constant, măsurat în A ;

S — suprafața armăturii electromagnetului *E*, care mărginește intrefierul δ_0, măsurată în m^2.

Avem în consecință :

$$V_{HI.\ II} = ni_0 \tag{1.6}$$

și prin urmare (după legea circuitului magnetic) :

$$\begin{aligned} B_{01} &= \mu_0 ni_0/\left(-x + \delta_0 + \frac{l_f}{\mu}\right) \\ B_{02} &= \mu_0 ni_0/\left(x + \delta_0 + \frac{l_f}{\mu}\right) \\ B_0 &= \mu_0 ni/\left(\delta_0 + \frac{l_f}{\mu}\right) \end{aligned} \tag{1.7}$$

La scrierea relațiilor (1. 7) s'a avut în vedere că în intrefierul δ_0 câmpul magnetic este un câmp plan meridian, deci nu s'a ținut cont de efectul de margine. Această ipoteză este cu atât mai plauzibilă cu cât suprafața *S* este mai mare față de δ_0, cum de altfel este cazul în general.

Notând :

$$\delta_0' = \delta_0 + \frac{l_f}{\mu} \tag{1.8}$$

care ar reprezenta un intrefier redus — porțiunea tubului de câmp prin oțel este înlocuită cu o porțiune echivalentă prin aer — relațiile (1. 7) devin :

$$\begin{aligned} B_{01} &= \mu_0 ni_0/(\delta_0' - x) \\ B_{02} &= \mu_0 ni_0/(\delta_0' + x) \\ B &= \mu_0 ni/\delta_0'. \end{aligned} \tag{1.9}$$

Inducțiile totale de sub armăturile *1* și *2* ale electromagnetului *E* sunt :

$$\begin{aligned} B_1 &= B_{01} + B = \mu_0 n\left(\frac{i_0}{\delta_0' - x} + \frac{i}{\delta_0'}\right) \\ B_2 &= B_{02} - B = \mu_0 n\left(\frac{i_0}{\delta_0' + x} - \frac{i}{\delta_0'}\right) \end{aligned} \tag{1.10}$$

iar energiile magnetice înmagazinate în intrefierul $\delta_0' + x$ respectiv $\delta_0' - x$ sunt :

$$\begin{aligned} W_{m1} &= \frac{1}{2} B_1 H_1 S (\delta_0' - x) \\ W_{m2} &= \frac{1}{2} B_2 H_2 S (\delta_0' + x) \end{aligned} \tag{1.11}$$

Considerăm că forțele care se exercită asupra lamei vibrante sunt datorite variației energiei

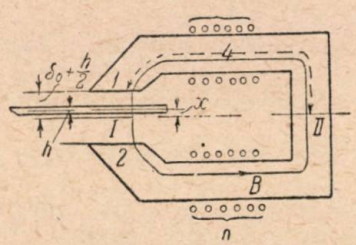


Fig. 2. Circuitul magnetic al electromagnetului

magnetice înmagazinată în intrefierul respectiv, prin urmare :

$$\begin{aligned} F_{m1} &= -\frac{\partial W_{m1}}{\partial x} = \frac{1}{2}\frac{S}{\mu_0} B_1^2 \\ F_{m2} &= -\frac{\partial W_{m2}}{\partial x} = -\frac{1}{2}\frac{S}{\mu_0} B_2^2 \end{aligned} \tag{1.12}$$

Forța magnetică rezultantă care se exercită asupra lamei vibrante este $F_m = F_{m1} + F_{m2}$ căci semnul diferit al celor două forțe este inclus în expresiile lor.

Ținând cont de relațiile (1. 10), expresia forței F_m devine :

$$F_m = 2\mu_0 n^2 S i_0 \delta_0' \frac{1}{\delta_0'^2 - x^2}\left(\frac{i_0 x}{\delta_0'^2 - x^2} + \frac{i}{\delta_0'}\right) \tag{1.13}$$

Această forță F_m atrage lama vibrantă înspre armătura electromagnetului în care inducția magnetică este mai mare. Prin urmare, deplasând lama din poziția medie, forța magnetică F_m tinde să mărească deplasarea.

Asupra lamei vibrante, pe lângă forța magnetică (1. 13) se exercită încă o forță F_e de natură elastică, desvoltată în lamă. Această forță elastică este îndreptată întotdeauna în sens opus cu deplasarea lamei vibrante, prin urmare :

$$F_e = -C_m \cdot x \tag{1.14}$$

unde C_m este rigiditatea mecanică a lamei vibrante, definită prin raportul dintre forță și săgeata produsă de ea. Pentru domeniul elastic, neglijând remanența mecanică a lamei, rigiditatea mecanică C_m este o constantă, care depinde de natura și dimensiunile lamei.

Neglijăm frecările interne ale lamei elastice, care din cauza că vibrația lamei este redusă, sunt foarte mici.

In ceeace privește influența aerului (gazul în care are loc vibrația lamei) aceasta poate fi inclusă în masa mecanică a ei, tot din cauză că

vibrațiile sunt mici și lama lovește aerul perpendicular pe suprafața ei. Ținând cont de faptul că frecvența la care funcționează lama este redusă — în jur de 100 Hz — se poate neglija în primă aproximație și influența aerului, astfel că se poate considera că asupra lamei elastice se exercită numai forța magnetică F_m și cea elastică F_e. Prin urmare relația care descrie mișcarea lamei în timp este:

$$M\frac{d^2x}{dt^2} = F_m + F_e$$

sau având în vedere relațiile (1. 13) și (1. 14):

$$M\frac{d^2x}{dt^2} = 2\mu_0 n^2 S i_0 \delta_0' \frac{1}{\delta_0'^2 - x^2}\left(\frac{i_0 x}{\delta_0'^2 - x^2} + \frac{i}{\delta_0'}\right) - C_m x \qquad (1.15)$$

In această relație M este masa lamei vibrante redusă la punctul în care se consideră că acționează forța magnetică F_m (centrul suprafeței S).

Cu ajutorul acestei relații se poate urmări mișcarea lamei în timp și totodată se pot obține relații care leagă mărimile mecanice ale lamei de cele electrice și magnetice, din care să se deducă relațiile de proiectare.

Ecuația diferențială (1. 15) are o formă complicată. Se poate reduce însă la o formă mai simplă, făcând următoarea observație: lama vibrantă se mișcă între armăturile electromagnetului E; intrefierul δ_0' trebue să fie mai mare decât valoarea maximă a lui x, pentru a se putea mișca lama. Afară de aceasta spre a putea presupune că fluxul Φ_0 nu depinde practic de x (relațiile 1. 4) este nevoie ca R să fie cât mai mare față de R_x spre exemplu de cel puțin 4 ori. In aceste condiții înseamnă că $\delta_0'^2$ este de cel puțin 16 ori mai mare decât x^2. Dacă se neglijează x^2 față de $\delta_0'^2$ se face o eroare care rămâne sub 6%. Acceptând în primă aproximație o astfel de eroare — neglijând pe x^2 față de $\delta_0'^2$ — relația (1.15) se poate scrie într'o formă mai simplă:

$$M\frac{d^2x}{dt^2} = A\left(\frac{i_0 x}{\delta_0'} + i\right) - C_m x \qquad (1.16)$$

unde s'a notat pentru prescurtare:

$$A = 2\mu_0 n^2 S \frac{i_0}{\delta_0'^2}$$

Se vede că rigiditatea mecanică C_m are aceleași dimensiuni ca și expresia $A\frac{i_0}{\delta_0'}$. Din această cauză, prin analogie, se poate denumi expresia $A \cdot i_0/\delta_0'$ rigiditatea electromagnetică.

Relația (1. 16) poate fi pusă sub forma:

$$\frac{d^2x}{dt^2} - a_1 x = b_1 i \qquad (1.18)$$

unde s'a notat pentru prescurtare:

$$a_1 = \left(A\frac{i_0}{\delta_0'} - C_m\right)\Big/ M \quad \text{și} \quad b_1 = \frac{A}{M}.$$

Ecuația diferențială (1. 18), se poate integra atunci când se cunoaște dependența lui i în raport cu timpul.

Regimul cel mai des întâlnit în practică este regimul sinusoidal. Deaceea presupunem că i are o variație sinusoidală în timp, deci:

$$i = \sqrt{2}\, I \sin \omega t.$$

Soluția generală a ecuației (1. 18) se compune din soluția particulară și cea a ecuației omogene. Ea este:

$$x = C_1 e^{\sqrt{a_1}t} + C_2 e^{-\sqrt{a_1}t} - \frac{b_1 I\sqrt{2}}{\omega^2 + a_1}\sin \omega t \qquad (1.19)$$

Cazul I: contactul nu influențează mișcarea lamei. Presupunem că $a_1 > 0$ și deasemenea că pentru $t = 0$ avem si $x = 0$ și $\frac{dx}{dt} = 0$. In acest caz expresia lui x din (1. 19) devine:

$$x = \frac{b_1 I\sqrt{2}}{\omega^2 + a_1}\left(\frac{\omega}{\sqrt{a_1}}\operatorname{sh}\sqrt{a_1}t - \sin \omega t\right) \qquad (1.20)$$

Pentru $t = \infty$, expresia (1. 20) devine infinită și prin urmare nu este posibilă o funcționare stabilă în această situație. Rezultă că: pentru a se stabili un regim de durată, trebue ca $a_1 < 0$ ceeace revine la a spune că rigiditatea mecanică C_m trebue să fie mai mare decât rigiditatea electromagnetică $A\frac{i_0}{\delta_0'}$. Deci o condiție necesară este:

$$C_m > A\frac{i_0}{\delta_0'}. \qquad (1.21)$$

Notând în acest caz:

$$\omega_1^2 = -a_1 = \frac{C_m - A\frac{i_0}{\delta_0'}}{M} \qquad (1.22)$$

și pentru aceleași condiții inițiale ca la relația (1. 20), relația (1. 19) devine:

$$x = \frac{b_1 I\sqrt{2}}{\omega^2 - \omega_1^2}\left(\frac{\omega}{\omega_1}\sin \omega_1 t - \sin \omega t\right) \qquad (1.23)$$

care descrie mișcarea lamei vibrante în cazul că în timpul mișcării ei nu se face contact, prin urmare nu intervine vreo altă forță afară de F_m și F_e.

Relația (1. 23) arată că în acest caz se poate stabili un regim stabil de funcționare, caracterizat prin suprapunerea a două sinusoide: una de frecvența curentului i de excitație și o a doua de o frecvență proprie sistemului, care depinde de dimensiunile lamei elastice și valoarea tensiunii magnetice dintre punctele I și II din figura 2 datorită magnetului permanent.

Pentru ca redresorul să poată fi utilizat la o frecvență voită, cea a curentului de excitație, trebue să fie neapărat îndeplinită condiția:

$$\omega_1 > \omega \qquad (1.24)$$

condiție care se poate satisface printr'o mărire

mare a rigidității mecanice față de cea electromagnetică, precum și printr'o reducere pe cât se poate de mult a masei mecanice M a lamei vibrante.

De aici rezultă că forma lamei vibrante joacă un mare rol.

Ea trebue aleasă astfel încât masa redusă să fie cât mai mică, iar rigiditatea ei mecanică să fie mare.

O formă care corespunde acestei cerințe este forma trapezoidală a lamei, lama fiind incastrată după latura paralelă mai mare a trapezului.

O rigiditate magnetică mică a lamei vibrante, se poate obține alegând o inducție continuă mică în intrefierul δ_0. Totuși, pentru o funcționare stabilă și sigură a sistemului, inducția alternativă B nu trebue să depășească inducția continuă B_0. De aci rezultă că trebuie să existe relații strânse între mărimile mecanice și cele electromagnetice.

Dacă $\omega_1 > \omega$ atunci sinusoida de bază are frecvența curentului de excitație, iar cea purtată are o frecvență proprie sistemului. Invers pentru cazul că $\omega > \omega_1$; în acest caz redresorul nu va putea funcționa decât pentru o anumită frecvență, proprie lui și care nu poate fi influențată de curentul de excitație. Această situație se realizează prin executarea lamei vibrante, astfel încât rigiditatea mecanică să rămână superioară celei electromagnetice, însă masa ei redusă să fie mare. Corespunde în acest caz o lamă trapezoidală incastrată după baza mică a trapezului.

Scopurilor noastre le corespunde redresorul la care i se poate comanda frecvența la care trebue să funcționeze, deci lama se va executa după prima formă.

Acesta este cazul că lama vibrantă se mișcă liber, neinfluențată de contact, prin urmare atunci când redresorul nu redresează deși este excitat, (cazul excitației foarte redusă).

Cazul II : *contactul influențează mișcarea lamei vibrante.* In momentul în care se stabilește contactul, lama vibrantă are înmagazinată o energie cinetică, ea având o viteză diferită de zero. Energia cinetică se transformă parțial în căldură în contact, iar restul se înmagazinează sub formă de energie elastică în lamă și în contact, prin deformările elastice ale acestora. Aceasta face ca atunci când lama părăsește contactul să aibă o viteză diferită de zero, din cauza revenirii la forma dinainte a contactului. Aprecierea cantitativă a acestei viteze este dificilă și se poate face numai aproximativ.

In ipoteza că după stabilirea contactului lama vibrantă rămâne în repaus până în momentul deschiderii contactului, atunci ea părăsește contactul în momentul în care începe să fie îndeplinită condiția :

$$C_m \cdot x < A\left(\frac{i_0 x}{\delta_0'} + i\right), \qquad (1.25)$$

adică forța elastică devine mai mare decât forța magnetică.

Considerăm că distanța între piesa de contact K și lama din poziția de repaus este d, care caracterizează totodată și tensiunea pentru care este dimensionat redresorul vibrator, (fig. 3).

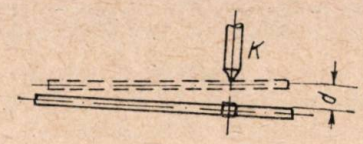


Fig. 3. Mișcarea lamei când se stabilește contactul

Considerăm deasemenea că piesa de contact K se găsește înspre armătura *1*, înspre care se consideră x ca pozitiv. In ipoteza că lama părăsește piesa K atunci când $F_e = F_m$, F_m fiind în scădere, se obține pentru momentul deschiderii contactului valoarea :

$$t_1 = \frac{\pi}{\omega} - \frac{1}{\omega} \arcsin \frac{\frac{C_m}{A} d - \frac{i_0 d}{\delta_0'}}{I\sqrt{2}}. \qquad (1.26)$$

S'a văzut mai sus că în momentul deschiderii contactului dintre lamă și piesa K, viteza lamei este diferită de zero. Fie aceasta v_0. Aproximăm că lama are viteza $-v_0$ în momentul t_1, ceeace revine la a ține seama numai parțial de efectul elasticității sistemului. Cu acestea condițiile inițiale sunt :

$$t = t_1 ; \frac{dx}{dt} = -v_0 \text{ și } x = d.$$

Pentru aceste condiții inițiale, expresia lui x din (1.19) devine :

$$x = \frac{\frac{b_1 I\sqrt{2}}{\omega^2 - \omega_1^2} \cdot \frac{\omega}{\omega_1} \cos \omega t_1 - \frac{v_0}{\omega_1}}{\cos \beta} \sin [\omega_1 (t - t_1) + \beta] - \frac{b_1 I\sqrt{2}}{\omega^2 - \omega_1^2} \sin \omega t \qquad (1.27)$$

unde

$$\operatorname{tg} \beta = d \left(1 + b_1 \frac{\frac{C_m}{A} - \frac{i_0}{\delta_0'}}{\omega^2 - \omega_1^2} \right) \Bigg/ \left(-\frac{v_0}{\omega} + \frac{b_1 I\sqrt{2}}{\omega^2 - \omega_1^2} \cdot \frac{\omega}{\omega_1} \cos \omega t_1 \right). \qquad (1.28)$$

Expresia (1.27) descrie mișcarea lamei vibrante din momentul în care lama părăsește piesa de contact până în momentul în care ea revine și stabilește din nou contactul, prin urmare relația (1.27) nu este valabilă în intervalul în care circuitul este închis.

Se vede că dacă se face în relația (1.27) $d = 0$, $v_0 = 0$ și $t_1 = 0$, rezultă $\beta = 0$ și se obține relația (1.23), care descrie mișcarea complectă a lamei în acest caz, cum s'a văzut.

Și în acest al doilea caz mișcarea lamei vibrante este caracterizată prin suma a două sinusoide, dintre care una are frecvența curentului de excitație, iar cealaltă o frecvență proprie

sistemului, defazată cu argumentul $\omega_1 t_1 - \beta$ față de prima.

Relația (1. 28), ținând cont de (1. 22) se poate pune sub o altă formă :

$$\operatorname{tg} \beta = d \frac{\omega_1 \omega^2}{-v_0(\omega^2 - \omega_1^2) + b_1 I \sqrt{2}\, \omega \cos \omega t_1} \quad (1.29)$$

care, ținând seama că interesul este ca circuitul să fie închis un interval de timp pe cât se poate mai apropiat de o jumătate de perioadă, deci d mic și $v_0 \approx 0$, devine :

$$\operatorname{tg} \beta = \omega_1 \omega\, d / b_1 I \sqrt{2} \text{ și } \cos \beta \approx 1$$

iar pentru x se obține expresia

$$x = \frac{b_1 I \sqrt{2}}{\omega_1^2 - \omega^2} \left\{ \sin \omega t - \right.$$

$$\left. - \frac{\omega}{\omega_1} \sin [\omega_1 (t - t_1) + \beta] \right\}. \quad (1.30)$$

In consecință mișcarea lamei vibrante se face după aceleași două sinusoide ca în cazul I,

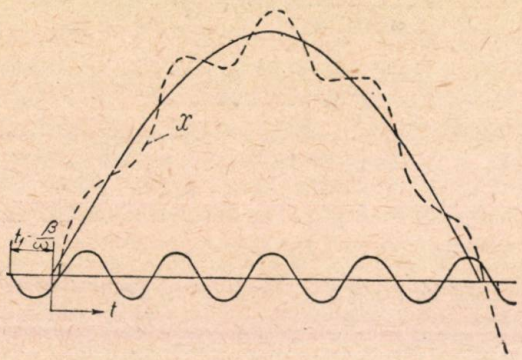


Fig. 4 Curba de mișcare a lamei vibrante

cu deosebirea că de astă dată există și un defazaj determinat de construcția aparatului și de solicitările magnetice ale sistemului. Curba care descrie această mișcare este redată în figura 4 în cazul că $\omega_1 = 10\ \omega$ și că $\omega_1 t_1 > \beta$.

Se vede din figura 4 că pentru a putea avea o închidere sigură este de dorit ca $\omega_1 t_1 - \beta = \pi$, căci în acest caz panta curbei x, în domeniul în care se face contactul cu K, este mare și nu este pericol ca să se obțină o dublă închidere. Dublă închidere se poate obține în cazul că $\omega_1 t_1 = \beta$, căci în aceast caz $\left(\frac{dx}{dt}\right)_{t=0} = 0$, prin urmare pentru $t = \frac{2\pi}{\omega_1}$ avem $\frac{dx}{dt} < 0$ și lama stabilește contactul de două ori pentru anumite valori ale lui d.

Dacă se ia însă ω_1 suficient de mare, atunci unda purtată din mișcarea lamei, deci cea de pulsație ω_1, nu mai are loc în mod nemijlocit, căci la această frecvență, inerția lamei și frecările interioare opun o rezistență mare, ceeace duce la atenuarea acestei mișcări perturbatoare.

Cunoscând mișcarea lamei în timp, se poate trece la calculul redresorului vibrator.

II. **Calculul redresorului vibrator.** In mod obișnuit se dau următoarele mărimi pentru care trebue să funcționeze redresorul vibrator : tensiunea u pe care trebue să o redreseze de valoare efectivă U și frecvența f; eventual puterea P, consumată de redresor în funcționarea lui ; tensiunea de excitație u_e a redresorului care trebue să aibă aceeași frecvență ca și u și o anumită fază φ față de aceasta.

Pornind dela aceste date, se pot stabili valorile mărimilor electrice, magnetice și geometrice care determină redresorul.

Fie U_{cr} valoarea eficace a tensiunii specifice de străpungere (rigiditatea electrică) a mediului gazos în care are loc mișcarea lamei vibrante. Fie S_g factorul de siguranță, ales obișnuit între 4 și 10 după scop. Cu aceste mărimi alese și cu valoarea eficace U a tensiunii de redresat se determină mărimea d (fig. 3) dintre piesa de contact K și lama vibrantă în poziție de repaus, cu relația :

$$d = S_g \frac{U}{U_{cr}}. \quad (2.1)$$

Este de remarcat faptul că U_{cr} depinde de natura gazului și forma și mărimea pieselor care ajung în contact. Pentru aer, spre a avea siguranță mai mare, se poate lua $U_{cr} = 1{,}8 \cdot 10^7$ Vm^{-1} deși rigiditatea aerului crește cu reducerea razei de curbură a suprafețelor ce vin în contact.

Conform relației (1. 27) respectiv (1. 30), în cazul că $\omega_1 \gg \omega$, determinată în mișcarea lamei vibrante este sinusoida de bază cu pulsația ω. Considerăm, pentru simplificare, că mișcarea lamei vibrante este pur sinusoidală, ținând însă cont de sinusoida purtată în fixarea gradului de precizie la închiderea contactului. Se obține o închidere nesigură pe un interval de timp de maximum $\frac{2\pi}{\omega_1}$, față de durata maximă a închiderii la redresarea completă a unei semiunde, care este de $\frac{\pi}{\omega}$. Cu cât ω_1 este mai mare, cu atât imprecizia scade.

In funcțiune de scopul pentru care se construește redresorul, se alege o valoare a duratei maxime de închidere imprecisă față de durata totală a închiderii, deci se alege mărimea :

$$p = \frac{2\pi}{\omega_1} \cdot \frac{\omega}{\pi} = \frac{2\omega}{\omega_1}. \quad (2.2)$$

Când redresorul trebue să lucreze cât se poate mai precis, se ia pentru p : $p = \frac{1}{10} \sim \frac{1}{20}$; pentru redresări indicatoare care permit să utilizeze în curent alternativ instrumente cu magnet permanent foarte sensibile (10^{-6} A) cu scopul de a constata trecerea unui curent printr'un circuit, sunt suficiente valori de $p = \frac{1}{5} \sim \frac{1}{10}$

Alegând în acest mod pe p, se obține pulsația proprie a sistemului ω_1.

Trebue să se dea o mare atenție alegerii mărimii p, căci aceasta influențează în foarte mare măsură dimensiunile lamei vibrante. Majoritatea recalculărilor redresorului, în cazul

redresării indicatoare, se vor face dela alegerea lui p, în special atunci când anumite dimensiuni ale lamei sunt luate arbitrar (spre exemplu grosimea și lungimea ei).

Alegând pe p conform indicațiilor de mai sus, se poate considera, cu suficientă aproximație, că mișcarea lamei vibrante este sinusoidală.

Tot în funcțiune de caracterul utilizării redresorului se alege factorul de acoperire α, care reprezintă raportul dintre durata cât este contact între lamă și piesa de contact K, către semiperioadă. Se ține cont de faptul că cu cât α este mai mare (poate avea valori cuprinse între 0 și 1), cu atât precizia de închidere este mai mare. In mod practic valoarea 1 nu se poate obține decât pentru $d = 0$, în care caz se redresează complect o semiundă, dar în acest caz redresorul se prezintă ca un conductor electric, atunci când nu este excitat. In caz că situația $d = 0$ nu prezintă nici un inconvenient, deci $\alpha = 1$, se alege amplitudinea lui x așa fel ca să suporte tensiunea $U\sqrt{2}$ cu siguranța S_g.

In general redresorul trebue să suporte tensiunea u și atunci când lama este în repaus. In acest caz conform figurii 5 se obține pentru amplitudinea lui x:

$$X = \frac{d}{\cos\frac{\pi\alpha}{2}} \qquad (2.3)$$

sau în caz că $d = 0$, X se determină cu relația (2.1). Obișnuit se iau valori pentru α cuprinse între 0,8 și 0,95.

Conform celor observate la deducerea relației (1.16) se alege intrefierul echivalent δ_0' prin urmare

$$\sigma = \frac{X}{\delta_0'} = \frac{1}{4} \sim \frac{1}{10} \qquad (2.4)$$

cu observația că eroarea făcută asupra lui F_m (relația 1.13) pentru $\sigma = \frac{1}{10}$ este sub 1%.

Fie R, L și C parametrii circuitului de excitație a redresorului vibrator. Din teoria circuitului cu rezonanță de tensiune, (circuit cu R, L, C în serie) se știe că defazarea dintre curent și tensiune este:

$$tg\,\varphi = \frac{1}{a}\left(f_n - \frac{1}{f_n}\right) \qquad (2.5)$$

unde a reprezintă amortizarea, a cărei expresie este:

$$a = R\sqrt{\frac{C}{L}} \qquad (2.6)$$

iar f_n este frecvența relativă față de cea de rezonanță f_r:

$$f_n = \frac{f}{f_r}. \qquad (2.7)$$

După caracterul utilizării se alege variația defazării în funcțiune de frecvență, și sensul acestei variații (crește sau descrește cu frecvența) prin urmare se alege $\frac{d\varphi}{df}$. Dar:

$$\frac{d\varphi}{df} = \cos^2\varphi \cdot \frac{1}{a \cdot f}\left(f_n + \frac{1}{f_n}\right). \qquad (2.8)$$

Rezolvând relația (2.5) împreună cu (2.8) se poate determina amortizarea a și frecvența

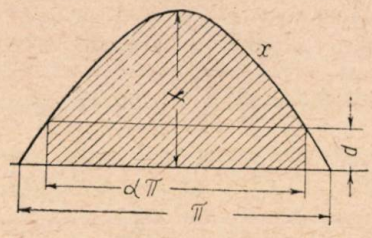


Fig. 5. Acoperirea semiundei

de rezonanță f_r a circuitului de excitație, găsindu-se:

$$a = 2/\sqrt{\left(\frac{d\varphi}{df}\right)^2 \frac{f^2}{\cos^4\varphi} - tg^2\varphi} \qquad (2.9)$$

$$f_r = f \cdot \sqrt{\left(\frac{f}{\cos^2\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{df} - tg\,\varphi\right)\Big/\left(\frac{f}{\cos^2\varphi}\frac{d\varphi}{df} + tg\,\varphi\right)}$$

Ținând seama de relația de rezonanță:

$$\omega_r^2 LC = 1 \qquad (2.10)$$

și de relația (2.6) se poate determina L și C în funcțiune de R:

$$L = \frac{R}{a\,\omega_r}; \quad \frac{1}{C} = \frac{R}{a}\omega_r. \qquad (2.11)$$

Cu expresiile din (2.11) se poate calcula impedanța circuitului de excitație și deci valoarea eficace a curentului de excitație I. Se găsește:

$$I = U_e/R\sqrt{1 + \frac{1}{a^2}\left(\frac{\omega}{\omega_r} - \frac{\omega_r}{\omega}\right)^2} \qquad (2.12)$$

Ținând cont de valoarea puterii consumate de redresor (numai circuitul de excitație consumă):

$$P = R\,I^2 \qquad (2.13)$$

și de expresia lui I din (2.12) se poate determina atât rezistența totală a circuitului de excitație R (și cu aceasta L și C) precum și curentul de excitație I:

$$R = U_e^2/P\left[1 + \frac{1}{a^2}\left(\frac{\omega}{\omega_r} - \frac{\omega_r}{\omega}\right)^2\right]$$
$$I = P\sqrt{\left[1 + \frac{1}{a^2}\left(\frac{\omega}{\omega_r} - \frac{\omega_r}{\omega}\right)^2\right]}\Big/ U_e. \qquad (2.14)$$

S'ar putea obiecta că puterea consumată de redresor, P, trebue să fie determinată prin condiții de minimum de pierderi și cost. Cum se va vedea ulterior, din punct de vedere teoretic nu există limită inferioară pentru pu-

terea P decât 0. Prin urmare puterea P trebue să fie aleasă în așa fel încât sistemul să fie construibil. Din această cauză calculul unui redresor vibrator se face prin câteva încercări unde P este ales ca parametru, soluția finală alegându-se din punct de vedere constructiv.

Curentul de excitație I face ca lama vibrantă să fie atrasă într'o parte sau alta, după cum se întărește sau se slăbește câmpul magnetic în partea respectivă. Dacă i depășește o anumită valoare, atunci se poate întâmpla ca inducția rezultantă să obțină semnul determinat de i; pentru aceste valori mai mari ale lui i, inducția crește de ambele părți în loc să crească numai deoparte, ceeace face ca regimul de funcționare a lamei vibrante să se modifice, putând duce la pierderea calității de sistem polarizat magnetic și deci la posibilitatea de a nu putea funcționa.

Pentru a nu avea această situație, se alege I în raport cu i_0 astfel, încât pentru valoarea maximă a lui I polarizarea magnetică să fie încă activă într'un grad suficient.

Conform relației (1. 10) rezultă că trebue ca $B_{max} \leqslant B_{0\,mtn}$. Cum $B_{max} = \mu_0 n \frac{I\sqrt{2}}{\delta'_0}$ și conform relației (2. 4) $B_{0\,min} = \mu_0 n \frac{i_0}{\delta'_0 (1+\sigma)}$ relația dintre inducții se poate scrie $B_{max} = \varepsilon B_{0\,min}$, echivalentă cu relația dintre I și i_0:

$$I\sqrt{2} = \frac{\varepsilon}{1+\sigma} i_0 . \qquad (2.15)$$

In această relație $\varepsilon \leqslant 1$. In mod obișnuit se poate lua $\varepsilon = 0{,}8 \sim 0{,}95$, care valori corespund cerințelor. Dacă sistemul lucrează la o tensiune de excitație fixă, atunci se poate lua $\varepsilon \approx 1$, iar dacă tensiunea U_e variază ca valoare, atunci trebue să se meargă cu ε atât de jos, încât pentru cea mai mare valoare a lui U_e să existe relația $B_{max} = B_{0min}$.

Se cunoaște astfel și curentul fictiv i_0 care caracterizează magnetul permanent.

Cu acestea majoritatea mărimilor electrice sunt determinate.

Mărimile geometrice ale redresorului vibrator se determină tot în funcțiune de datele electrice.

Mișcarea lamei vibrante este reprezentată în figura 4. Se vede că valoarea maximă a lui x conform relației (1. 30) este

$$X = \frac{b_1 I\sqrt{2}}{\omega_1^2 - \omega^2}\left(1 + \frac{\omega}{\omega_1}\right). \qquad (2.16)$$

Ținând cont că expresia inductivității L este:

$$L = 2\,\mu_0\, n^2\, S \frac{1}{\delta'_0} \qquad (2.17)$$

expresia lui A din (1. 17) devine $A = L\frac{i_0}{\delta'_0}$. Cu această valoare a lui A, ținând cont că $b_1 = \frac{A}{M}$, din relația (2. 16) și ținând cont de relațiile (2. 4), (2. 2), și (2. 15) rezultă pentru valoarea masei reduse M:

$$M = \frac{4\,L\,I^2(1+\sigma)}{\varepsilon\sigma(2-p)\,\delta_0'^2\omega_1^2} . \qquad (2.18)$$

Din relația (1. 22), ținând cont de expresia lui M din (2. 18), de expresia lui A în funcțiune de L și de relația (2. 15), se poate obține valoarea rigidității mecanice C_m sub forma:

$$C_m = \frac{2\,L\,(1+\sigma)\,I^2}{\varepsilon\,\delta_0'^2}\left[\frac{2}{\sigma(2-p)} + \frac{1+\sigma}{\varepsilon}\right]. \qquad (2.19)$$

Din relațiile (2. 19) și (2. 18), prin împărțire, se obține:

$$\frac{C_m}{M} = \omega_1^2\left[1 + \frac{\sigma(1+\sigma)(2-p)}{2\,\varepsilon}\right]. \qquad (2.20)$$

Cum rezultă din relația (2. 20), prin alegerea mărimilor p, ε și σ, toate determinate mai înainte, rezultă că raportul între rigiditatea mecanică

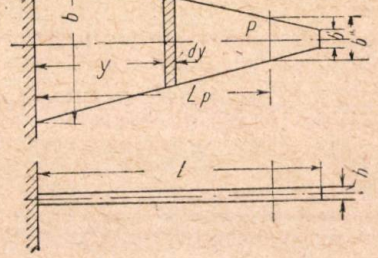


Fig. 6. Lama vibrantă

a lamei vibrante, considerată în punctul de aplicație a forței F_m (în centrul suprafeței S) și masa ei redusă la același punct este determinat. Acest fapt duce la o relație între dimensiunile geometrice ale lamei vibrante. In mod analog relațiile (2. 18) și (2. 19) duc la alte două relații.

In cazul că nu se dă puterea P, consumată de redresor, atunci relațiile (2.18) și (2. 19) determină pe C_m și M în funcțiune de R, rezistența circuitului de excitație.

Lama vibrantă trebue să corespundă cerințelor indicate în partea I. Din acest motiv se ia de o astfel de formă, ca masa M să fie mică, în timp ce rigiditatea mecanică C_m mare. Forme ale lamei sunt multiple. O formă care duce la complicații de calcul mai reduse este forma trapezoidală indicată în figura 6, care se poate totodată executa mult mai ușor decât altele. Fie punctul P centrul suprafeței S, deci punctul de aplicație a forței F_m. Celelalte dimensiuni care definesc forma lamei sunt trecute în figura 6.

Cu dimensiunile din figura 6 se obține pentru rigiditatea mecanică a lamei vibrante, în punctul P, considerând lama ca un resort (Hütte vol I. pag. 721):

$$C_m = \frac{\left(2+\frac{b''}{b}\right)EI}{l_p^3} = \frac{bh^3E\left(2+\frac{b''}{b}\right)}{12\,l_r^3} \qquad (2.21)$$

Această relație, conform indicației, este valabilă cu o eroare inferioară lui 4%. In relația (2. 21), E reprezintă modulul de elasticitate (pentru oțel $E = 2{,}1 \cdot 10^6 \text{kg cm}^{-2} = 2{,}06 \cdot 10^{11} \cdot \text{Nwm}^{-2}$), iar I este momentul de inerție a secțiunii incastrate : $I = bh^3/12$.

In ceeace privește M, masa redusă la punctul P, se calculează în modul următor : dacă dM_y este masa elementului dy, care se găsește la distanța y de locul de incastrare, atunci masa echivalentă masei dMy. în punctul P, dM'_y este :

$$dM'_y = dM_y \frac{y}{l_p}$$

Această relație are valoarea limitată, deoarece presupunem că efortul are loc asupra unui corp cu rigiditatea mecanică foarte mare, articulat în locul de incastrare. Pentru poziția de repaus a lamei se poate face această supoziție deoarece faptul că lama este incastrată nu influențează, rigiditatea lamei neintrând în acțiune decât după apariția deformării. In felul acesta se obține o valoare pentru masă ceva mai mare decât cea care rezultă considerând toți factorii (în cazul membranei incastrată circular se obține o valoare cu două procente mai mare). Deasemenea nu se ține cont de faptul că iuțeala de propagare a efortului în lamă este finită.

Cu aceste observații se obține pentru masa M :

$$M = \int_0^l dM'_y = \int_0^l \frac{y}{l_p}\left[b' + \frac{b-b'}{l}(l-y)\right] dy \cdot h \cdot \rho_m$$

sau efectuând calculele :

$$M = \frac{\rho_m\, hl^2}{6l_p}(b+2b') = \frac{\rho_m\, bhl^2}{6\, l_p}\left(1 + \frac{2b'}{b}\right) \quad (2.\,22)$$

cu care se duc calculele mai departe.

Dacă se execută lama vibrantă astfel ca :

$$1 + \frac{2b'}{b} = 1 + \frac{b''}{2b}$$

sau

$$b'' = 4\, b' \quad (2.\,23)$$

atunci din împărțirea relației (2. 21) cu relația (2. 22) se obține :

$$\frac{C_m}{M} = \frac{E}{\rho_m} \cdot \frac{h^2}{l^2\, l_p^2} \quad (2.\,24)$$

Cum raportul $\frac{C_m}{M}$ este cunoscut din relația (2. 20), relația (2. 24) este prima relație care reprezintă o legătură între dimensiunile geometrice ale lamei vibrante.

Relația (2.24) se poate pune sub o altă formă, dacă se ține cont de următorul fapt. Lama vibrantă are o rezonanță mecanică proprie, caracterizată printr'o fundamentală de pulsație ω_{01} și armonici superioare. Pulsația armonicii de ordinul j, de rezonanță, are valoarea (Hütte I, pag. 237) :

$$\omega_{0j}^2 = \frac{\beta_j^4}{l^4} \cdot \frac{J_a E}{F_a \rho_m} \cdot \frac{1 - \eta\sigma_j - \eta'\sigma'_j}{1 - \xi\tau_j - \xi'\tau'_j}$$

unde :

$$\eta = \frac{J_a - J_e}{J_a};\ \xi = \frac{F_a - F_e}{F_a};\ \eta' = \frac{1}{J_a}\left(\frac{J_a + J_e}{2} - J_m\right);$$

$$\xi' = \frac{1}{F_a} \cdot \left(\frac{F_a + F_e}{2} - F_m\right)$$

F_a, F_m, F_e — suprafața secțiunii lamei la incastrare, mijloc și la capătul liber ;

J_a, J_m, J_e — momentul axial de inerție a secțiunii lamei la incastrare, mijloc și capătul liber ;

ρ_m — densitatea de masă ;

β_j ; σ_j ; τ_j ; σ'_j ; τ'_j — coeficienți ce se iau din tabloul dat în Hütte I. pag 237.

Pentru tipul de lamă considerată, trapezoidală, expresia lui ω_{0j} se simplifică întrucât :

$$\eta' = \xi' = 0\,;\ \eta = \xi = 1 - \frac{b'}{b}.$$

Pentru fundamentală, care interesează în primul rând, cu $J_a = \frac{bh^3}{12}$ și $F_a = bh$ se obține :

$$\omega_{01} = \frac{h}{l^2}\sqrt{\frac{\beta^4 E}{12\,\rho_m} \cdot \frac{1 - \eta\sigma_1}{1 - \xi\tau_1}} \quad (2.\,25)$$

unde $\beta = 1{,}875$; $\sigma_1 = 0{,}193$ și $\tau_1 = 0{,}807$.

In ceeace privește frecvența de rezonanță mecanică a fundamentalei lamei vibrante, ea nu trebue să coincidă în niciun caz cu vreuna din sinusoidele mișcării lamei, căci în acest caz lama nu mai poate fi controlată și în consecință redresorul nu mai poate funcționa la frecvența curentului de excitație i. Din acest motiv pulsația de rezonanță mecanică ω_{01} trebue să fie superioară pulsației armonicii purtate ω_1 cel puțin cu 20%. In general :

$$\omega_{01} = q\omega_1 \quad (2.26)$$

unde $q \geqslant 1,2$.

Prin alegerea materialului din care se execută lama (în orice caz material feromagnetic) se cunoaște E și ρ_m, iar prin alegerea lui q se cunoaște ω_{01}. In acest fel relația (2. 25) duce la o relație între h și l :

$$l^2 = Kh$$

$$K = \frac{1}{\omega_{01}}\sqrt{\frac{\beta^4 E}{12\,\rho_m} \cdot \frac{1 - \eta\sigma_1}{1 - \xi\tau_1}} \quad (2.\,27)$$

Se remarcă aici că de fapt K nu este o constantă deplină, deoarece depinde de $\frac{b'}{b}$ care încă nu se cunoaște. Se poate presupune însă o anumită valoare, calculându-se apoi cu (2. 30) și prin câteva recalculări scurte se poate stabili exact valoarea constantei K.

Prin înlocuirea lui l în relația (2. 24) se obține

$$\frac{C_m}{M} = \frac{E}{\rho_m} \cdot \frac{h}{K l_p^2} \qquad (2.28)$$

Prin alegerea, spre exemplu a grosimii h a lamei, din relațiile (2. 27) și (2. 28) rezultă l și l_p.

Relațiile (2. 27) și (2. 25) duc la o relație între l și l_p:

$$l = l_p K \sqrt{\frac{C_m}{M} \cdot \frac{\rho_m}{E}} = \frac{1}{K_1} l_p \qquad (2.29)$$

care arată că l și l_p variază linear (K este o constantă după cele fixate până acum).

Din relația dedusă din forma trapezoidală a lamei vibrante $\frac{b''-b'}{b-b'} = \frac{l-l_p}{l}$, ținând seama de (2. 29) precum și de relația (2. 23) aleasă arbitrar pentru a introduce simplificări, se obține

$$b' = \frac{1-K_1}{4-K_1} b = K_2\, b\,;\; b'' = 4\, K_2\, b \qquad (2.30)$$

Cu relațiile (2. 30) se obține din relația (2. 22) relația:

$$M = \frac{\rho_m}{6} \cdot \frac{\sqrt{K}}{K_1}(1+2K_2)\, b h^{3/2} = K_3 b h^{3/2} \qquad (2.31)$$

Relația (2. 31) arată că dacă M este cunoscut (din relația 2. 18), atunci este suficient să se aleagă o singură dimensiune a lamei vibrante spre a le determina pe toate celelalte. Alegând pe b rezultă h sau invers. De obicei grosimea lamei este cea care se realizează mai greu, de aceea ea se alege în funcțiune de lamele care stau la dispoziție, rezultând toate celelalte dimensiuni.

In cazul că M nu este determinat complect din relația (2. 18), deci nu este dată puterea P, consumată de redresor, M se cunoaște în raport de rezistența electrică R a circuitului de excitație. Cu cât R este mai mare (puterea P mai mică) cu atât M este mai mic și în consecință și dimensiunile lamei. Se vede că lama determinată cum s'a văzut, corespunde din punct de vedere electromagnetic cerințelor date prin enunț. Pentru fiecare valoare a lui M se poate determina o lamă vibrantă; pentru valori ale lui P care tind spre zero se obțin lame cu dimensiuni care și ele tind spre zero, prin urmare nu este posibil să se determine numai din condițiuni electromagnetice și mecanice puterea P consumată de redresor, ci în primul rând, din condiții constructive. In funcțiune de grosimile lamelor care stau la dispoziție (este foarte greu să se execute o lamă de o grosime arbitrară, aceeași în orice parte a ei, cu mijloace obișnuite de atelier), luând pe P ca parametru, se determină câteva lame vibrante și se alege acea lamă, cu care redresorul se poate executa practic și căreia îi corespunde o putere minimă și cost minim.

Din acest motiv s'a considerat că puterea P, consumată de redresor trebue dată în enunțul proiectului.

Pentru ca toate mărimile care determină redresorul să fie cunoscute, mai trebue determinate dimensiunile circuitelor magnetic și electric ale electromagnetului E din figura 1. Se remarcă faptul că mărimile care determină pe K, din (2.29) trebuesc astfel alese, încât funcționarea lamei să fie posibilă.

Intrucât bobinele de excitație au numai rezistență și inductivitate, capacitatea C trebue montată în serie cu ele. Deasemenea nu toată rezistența R trebue realizată cu bobinele de excitație, ci numai o parte, care corespunde încălzirii admisibile a bobinelor. Bobinele de excitație vor fi caracterizate, în consecință, prin: inductivitatea L și o rezistență $R_b < R$ așa fel încât ele să reziste din punct de vedere termic.

Ca prim pas în determinarea electromagnetului E îl constitue alegerea suprafeței S a armăturii. Aceasta se alege în funcțiune de

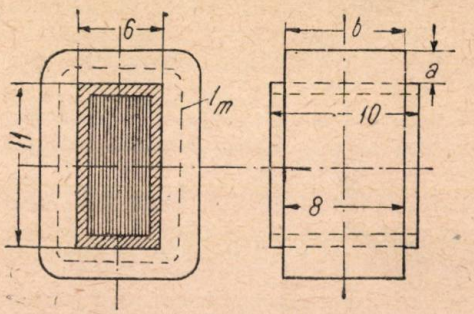


Fig. 7. Bobina de excitație a redresorului vibrator

lama vibrantă, căutându-se pe cât posibil să se apropie de un patrat. In general are o formă dreptunghiulară cu una din laturi egală cu b'' și cu latura mai mare dealungul axei de simetrie a lamei vibrante. In orice caz forma suprafeței C se adaptează la forma lamei vibrante. Având pe S ales, din relația (2. 17) se determină n, numărul de spire pe bobină.

In locul relației (2. 17) se poate utiliza relația (1. 13), în care F_m se determină din condiția ca $F_m = C_m \cdot X$. Aceste două căi de determinare a lui n sunt echivalente cu aproximațiile făcute la simplificarea ecuației diferențiale (1. 15)

Prin urmare S este ales și n determinat. Tot constructiv, ținând cont de dimensiunile suprafeței S, se alege forma și dimensiunile miezului de oțel al electromagnetului E, precum și grosimea izolației bobinei față de miez. Fie o formă ca cea indicată în figura 7. Fie a_e și b_e dimensiunile bobinei de excitație și l_m lungimea spirei medii a unei bobine.

Se alege constructiv un raport între dimensiunile secțiunii bobinei de excitație:

$$b_e = \gamma \cdot a_e \qquad (2.32)$$

unde γ este în jurul valorii de 3,5. Valori mai mici ale lui γ duc la bobini îngrămădite, iar mai mari la bobini subțiri și întinse. La primele răcirea este mai grea, iar la ultimele mai bună.

In ipoteza unei aşezări a spirelor de spiră peste spiră şi spiră lângă spiră, dacă δ_t este grosimea izolaţiei de ambele părţi ale sârmei din care se fac bobinile, atunci se obţine pentru secţiunea sârmei :

$$q_{cu} = \left(\sqrt{\frac{a_e b_e}{n}} - \delta_t\right)^2 \frac{\pi}{4} \qquad (2.33)$$

Puterea trecută în căldură pe o bobină este :

$$\frac{P}{2} = n \cdot l_m \cdot \rho I^2 \frac{1}{q_{cu}} \qquad (2.34)$$

iar suprafaţa S_r de trecere a căldurii mediului ambiant, în ipoteza că bobina este neînvelită — cum se recomandă în astfel de cazuri — este :

$$S_r = 2a_e l_m + b_e (l_m + \pi a_e) \approx (2a_e + b_e) l_m \qquad (2.35)$$

Dacă λ este coeficientul de trecere a căldurii dela suprafaţa S_r a bobinii, mediului exterior — care se poate lua în cazul lipsei ventilaţiei de $\lambda = 12 \ldots 14\ \mathrm{Wm^{-2} \cdot °C^{-1}}$ — atunci valoarea încălzirii ϑ a suprafeţei bobinei de excitaţie ţinând cont de relaţiile (2.34) şi (2.35) este

$$\vartheta = \frac{P}{2\lambda S_r} = n \cdot \rho \cdot \frac{1}{q_{cu}} \cdot I^2 \cdot \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{1}{2a_e + b_e} \qquad (2.36)$$

Dacă se alege încălzirea ϑ la suprafaţa bobinei (în jur de 40 ... 50°C), atunci ecuaţia (2.36) reprezintă o relaţie între mărimile a_e şi b_e; ţinând cont şi de relaţia (2.32) mărimile a_e şi b_e se pot determina şi prin urmare şi secţiunea sârmei q_{cu}. In funcţiune de valoarea găsită pentru q_{cu} se alege sârma normalizată. Având stabilită sârma, se calculează rezistenţa bobinelor R_b şi diferenţa $R - R_b$ se ia împreună cu condensatorul de capacitate C, în serie cu bobinele de excitaţie.

Cu relaţia (1. 8) se calculează intrefierul real δ_0, iar cu (1. 7) inducţia B_0 în funcţiune de care se determină magnetul permanent.

In acest mod sunt determinate toate elementele care definesc redresorul vibrator.

In concluzie se poate da schematic mersul calculului unui redresor vibrator comandat electromagnetic, atunci când se dau mărimile din enunţ :

1. Se alege factorul de siguranţă S_g şi se calculează d cu relaţia (2.1).

2. Se alege p şi se calculează ω_1 cu relaţia (2. 2).

3. Se alege α şi se calculează X cu relaţia (2. 3).

4. Se alege σ şi se calculează δ_0' cu relaţia (2. 4).

5. Se alege $\frac{d\varphi}{df}$ şi se calculează a şi f_r cu (2. 9), L şi C cu (2. 11) şi R şi I cu (2. 14).

6. Se alege ε şi se calculează i_0 cu relaţia (2. 15).

7. Se calculează M cu (2. 18), C_m cu (2.19) şi $\frac{C_m}{M}$ cu (2. 20).

8. Se alege q şi se calculează ω_{01} cu (2. 26).

9. Se ia h şi se calculează b cu (2. 31), b' şi b'' cu (2. 30), l cu (2. 27), şi l_p cu (2. 28). Se desenează lama, făcându-se eventuale reveniri.

10. In funcţiune de forma lamei se stabileşte S şi circuitul magnetic al electromagnetului, în primă proximaţie ; din relaţia (2. 17), se calculează n, se alege γ şi din (2. 36) se calculează a_e şi b_e; din (2. 33) se calculează q_{cu}; se stabileşte final circuitul magnetic al electromagnetului şi se fac eventuale reveniri de calcule.

In cele expuse până acum s'a presupus că punctul de contact se găseşte chiar în centrul suprafeţei S, deci sub armătura electromagnetului. In acest caz calculul rămâne neschimbat.

In cazul că contactul cu piesa K (fig. 3) se face în afară suprafeţei S, este suficient să se recalculeze gradul de siguranţă S_g pentru poziţia respectivă şi în cazul extrem se mai face o recalculare a redresorului, modificând valorile unor mărimi.

III. **Exemplu de calcul al unui redresor vibrator.** Fie datele următoare, pentru care trebue calculat redresorul : $U_e = U = 220$ V, $f = 50$ Hz, $\varphi = 0$, adică excitaţia se face dela aceeaşi tensiune care se şi redresează. Puterea redresorului se determină pe baze constructive.

Cu un coeficient de siguranţă de $S_g = 5$ se obţine cu relaţia (2. 1) $d = 6,12 \cdot 10^{-4}$ m.

Luând $p = 1/6$, relaţia (2. 2) dă pe ω_1 : $\omega_1 = 3770\ s^{-1}$.

Cu un $\alpha = 0,8$ se obţine X cu relaţia (2. 3) : $X = 2 \cdot 10^{-3}$ m.

Cu un $\sigma = 1/4$ din relaţia (2. 4) se calculează δ_0' : $\delta_0' = 8 \cdot 10^{-3}$ m.

Considerăm că redresorul lucrează la o frecvenţă insuficient de stabilă şi că au loc variaţii de $\pm 4\%$ ale frecvenţei. Funcţionarea redresorului vibrator nu este prea mult perturbată dacă pentru o variaţie de 1 Hz se admite o variaţie a fazei de 1°. In acest caz $\frac{d\varphi}{df} = \frac{\pi}{180} = 1,745 \cdot 10^{-2}$ s. Cu relaţia (2. 9) se calculează şi f_r :

$$f_r = f = 50 \text{ Hz } a ; = 2, 29.$$

Cu relaţia (2.11) se calculează L şi C : $L = 1,39.\ 10^{-3}\ R$ Henry $1/C = 137,2\ R$, iar curentul I se obţine tot în funcţiune de R cu (2. 12) : $I = 220/R$ A.

Dat fiindcă intrefierul δ_0' este relativ mare (s'a luat un factor de siguranţă cam ridicat) se poate lua ε egal cu 1 şi cu (2. 15) se obţine : $i_0 = 1, 77\ I$ A.

Cu relaţiile (2. 18), (2. 19), şi (2. 20) se obţin M, C_m şi $\frac{C_m}{M}$:

$$M = 0,806/R \text{ kg}; \quad C_m/M = 1,82.10^7 s^{-2};$$

$$C_m = 1,466 \cdot 10^7 \frac{1}{K}$$

Se alege $q = 1{,}5$, adică frecvența de rezonanță mecanică să fie cu 50% deasupra undei purtate din mișcarea lamei vibrante. Se obține cu (2. 26) $\omega_{01} : \omega_{01} = 5660$ s.

Se încearcă executarea redresorului cu o lamă de oțel de grosime 10^{-3} m, deci $h = 10^{-3}$ m, și se calculează celelalte dimensiuni ale lamei. Mai întâi trebue determinată semiconstanta K din (2. 27). Mărimile care intervin în K sunt $\beta = 1{,}875$; $E = 2{,}06.10^{11}$ Nwm^{-2} ; $\rho_m = 795$ kgm^{-3} ; $\sigma_1 = 0{,}193$; $\tau_1 = 0{,}807$.

Afară de aceasta mai intervine mărimea $\eta = \xi = 1 - \frac{b'}{b}$ care depinde de dimensiunile lamei

Se admite pentru moment $\eta = 0{,}85$; se calculează K, K_1 , K_2 , l , l_p, din relația (2. 31) b și cu (2. 30) b' respectiv b'', verificându-se apoi K. Dacă diferă de cel presupus se reface calculul cu noul K. In cazul de față prin 3 recalculări se găsește : $\eta = \xi = 0{,}918$; $K = 5{,}14$ m ; $l = 7{,}16 \cdot 10^{-2}$ m ; $K_1 = 0{,}728$; $K_2 = 0{,}0833$; $l_p = 5{,}2 \cdot 10^{-2}$ m.

Din relația (2. 31) se găsește b în funcțiune de $R : b = 53/R$.

In acest punct trebue determinată puterea redresorului. Se alege P ca parametru și se calculează R, b, b' și b''. Tabel 1 permite alegerea lamei.

Tabela 1

P	W	5	10	15	20	30
R	Ω	9680	4840	3225	2420	1612
b	m	0,00547	0,01094	0,01642	0,0219	0,0328
b'	m	0,000456	0,000912	0,00137	0,00182	0,00273
b''	m	0,001825	0,003646	0,00548	0,00728	0,01092

In cazul că lama se execută cu două locuri de contact, prin urmare redresorul are 4 piese K din figura 3, dintre care 2 câte 2 față în față (se redresează ambele alternanțe) corespunde o lamă de dimensiunile : $b'' = 10^{-2}$ m ; $b' = 2{,}5 \cdot 10^{-3}$ m ; $b = 3 \cdot 10^{-2}$ m, care este satisfăcătoare.

Se găsește imediat : $R = 1766\,\Omega$; $L = 2{,}455$ Henry ; $C = 4{,}13\,\mu F$; $I = 0{,}125$ A și $i_0 = 0{,}221$ A.

Ținând cont acum de forma și dimensiunile lamei vibrante, se alege suprafața S. Se alege spre exemplu dreptunghiulară cu laturile : 10^{-2} m în lățime și $1{,}4 \cdot 10^{-2}$ m în direcția axei de simetrie a lamei, prin urmare $S = 1{,}4 \cdot 10^{-4}$ m^2.

Cu relația (2. 17) se calculează numărul de spire pe o bobină și se găsește $n = 7\,480$ spire.

Mai trebue determinată secțiunea sârmei din care se execută bobinele, conform celor indicate.

Fie $\gamma = 3{,}5$ (relația 2.32) și $\delta_l = 2{,}5 \cdot 10^{-5}$ m grosimea izolației de ambele părți ale sârmei. Se admite o încălzire asupra feței exterioare a înfășurării de $\vartheta = 40°$C și un coeficient de cedare de $\lambda = 14$Wm^{-2} °C^{-1}. Relația (2. 36) combinată cu (2. 33) duce la relația

$$a_e - 1{,}16 \cdot 10^{-3} = \frac{1{,}346 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{a_e}}$$

Soluția acestei ecuații de gradul 3 este :

$$a_e = 1{,}142 \cdot 10^{-2}\text{ m} ; \quad b_e = 4 \cdot 10^{-2}\text{ m}$$

Cu acestea se găsește din (2. 33) : $q_{cu} = 3{,}87 \cdot 10^{-8}$ m^2.

Se vede că acestei secțiuni îi corespunde o sârmă emailată de diametru 0,22, iar cu izolația de diametru 0,245 și o secțiune de cupru $q_{cu} = 3{,}8 \cdot 10^{-8}$ m^2 căreia îi corespunde o densitate de curent de $3{,}29 \cdot 10^6$ Am^{-2}. Cu a_e calculat mai sus și secțiunea S se obține pentru lungimea spirei medii : $l_m = 0{,}1$ m, prin urmare rezistența bobinelor este $R_b = 690\ \Omega$.

In consecință trebue montată în serie cu bobinele o rezistență suplimentară de $R_s = R - R_b = 1076\ \Omega$.

Având dimensiunile bobinelor și lamei vibrante, se poate stabili circuitul magnetic al electromagnetului E (fig. 1).

A mai rămas să se determine magnetul permanent. Tensiunea magnetică necesară între punctele I și II (fig. 2) este (conform relației 1.6) : $V_{HIII} = 1650$ A.

Din punct de vedere practic este suficient să se ia : $\Phi_0 R_0 = 2 V_{HIII}$ (relația 1.5), prin urmare magnetul permanent trebue să aibă o t. m. m. de

$$V_{H0} = 4950\text{ A}$$

In funcțiune de valoarea acestei t.m.m. se alege materialul magnetului permanent, ținând seama de construcția redresorului. Din cauza valorii relativ ridicate a lui V_{H0}, se impune să se ia un magnet permanent cu forță coercitivă mare. Corespunde acestui scop magnetul de tipul Alnisi, care are o forță coercitivă de $H_c = 6{,}4 \cdot 10^4$ Am^{-1} și o inducție remanentă de 0,4 Wbm^{-2}. Utilizând din forța coercitivă aproximativ jumătate pentru circuitul magnetic exterior, deci circa $3{,}3 \cdot 10^4$ Am^{-1}, rezultă că este nevoie de un magnet permanent de o lungime $l_{mg} = 0{,}15$ m, care ca lungime este acceptabil.

Din caracteristica magnetului se ia inducția corespunzătoare lui $H = 3{,}3 \cdot 10^4$ Am^{-1}. Fie $B = 0{,}2$ Wbm^{-2}. Cu această valoare se calculează secțiunea magnetului. Fluxul util este $\Phi_0 = 2\ S \cdot B_0$ unde B_0 se calculează cu relația (1. 7) pentru $x = 0$:

$$B_0 = \mu_0 \frac{n i_0}{\delta_0'} = 0{,}26\text{ Wbm}^{-2}$$

Prin urmare : $\Phi_0 = 7{,}28 \cdot 10^{-5}$ Wb.

Considerând o dispersie de Φ_0 se obține fluxul în mijlocul magnetului :

$$\Phi_l = 2\Phi_0 = 1{,}456 \cdot 10^{-4}\text{ Wb.}$$

Cu $B = 0{,}2$ Wbm^{-2} se obține secțiunea magnetului permanent de $S_l = 7{,}28.10^{-4}$ m^2, care se poate realiza fie dintr'o singură bucată, fie din mai mulți magneți permanenți în paralel.

In ceeace privește intrefierurile suplimentare δ_1 (fig. 1), acestea pot fi reduse la minimum deoarece lama vibrantă însăși este foarte saturată în porțiunea de lucru, lucrând la inducții ridicate.

Cu dimensiunile obținute redresorul vibrator se poate executa. Pentru a se obține un redresor economic, calculul trebue refăcut deoarece dimensiunile lui sunt relativ mari. La această situație a dus alegerea factorului de siguranță aproximativ ridicat, precum și a suprafeței S.

Redresoare vibratoare economice se obțin atunci când se alimentează cu tensiuni reduse (deci peste un transformator) și defazate așa fel încât să nu mai fie nevoie de condensator.

Ca verificare a metodei propuse de calcul al redresorului vibrator comandat electromagnetic, a fost calculat și executat un redresor vibrator pentru datele $U_e = 100$ V; $U = 18$ V; $f = 75$ Hz și $P = 1{,}2$ W, care se comportă conform condițiilor. Deși curentul nominal de excitație a redresorului era de $1{,}57 \cdot 10^{-2}$ A, redresorul mai funcționa încă la un curent de 10^{-3} A, ceeace denotă că, după ce sunt fixate dimensiunile mecanice, redresorul are o comportare satisfăcătoare pentru o gamă destul de largă a mărimilor electrice și magnetice.

Bibliografie

Rădulet R.: Radiotehnică Generală, Timișoara, 1939.
Andronescu P.: Curs de Electrotehnică I. și II, Timișoara, 1940.
Crug C. A.: Bazele Electrotehnicei, vol. I, Ed. Tehnică, 1952.
Tamm I. E.: Bazele Teoriei Electricității, Ed. Tehnică, 1952.
Bogoroditchi N.P., Posancov V.V., Tareev B.M.,: Materiale folosite în industria electrotehnică, Ed. Tehnică, 1952.
„*Hütte*", — Manualul Inginerului I, Editura Tehnică, 1949.

★

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ ВИБРОВЫПРЯМИТЕЛЯ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Резюме

В статье преследуется цель разработать метод расчета вибровыпрямителя с электромагнитным управлением, когда заданны значения величин при которых должен работать: частоты, управляющего напряжения, выпрямляемого напряжения и возможно потребляемой выпрямителем мощности. Она содержит часть в которой рассматривается движение вибрирующей ламели, другую часть в которой устанавливаются расчетные соотношения вибровыпрямителя и в последней части дается пример расчета.

CABLUL HERTZIAN

Ing. P. DEMILANO

Undele ultrascurte cu o lungime de undă sub 10 metri au proprietatea deosebită de a reflecta, ca și undele luminoase, atunci când se lovesc de un obstacol. Folosind antene dipol cu reflectoare speciale, se pot obține fascicole concentrate de unde hertziene, care pot fi dirijate în direcția dorită. Astfel, se realizează instalații de legătură radioelectrice, formate dintr'un număr de stații emisie-recepție, instalații care pot servi pentru legături telefonice sau pentru legarea posturilor de emisie la studiouri.

După inventarea în 1896, de către savantul rus Alexandru Popov, a primului aparat de radiorecepție, radioelectricitatea a luat o mare desvoltare.

Domeniul nou și interesant pe care-l prezenta această nouă știință, cât și numeroasele ei aplicații practice, au făcut ca progresul radioelectricității să fie mai rapid ca în oricare alt domeniu.

Perfecționările realizate în domeniul undelor ultrascurte au făcut posibilă inventarea, mai întâi a televiziunii, apoi a radarului și cablului hertzian.

1. **Principiul de funcționare.** Cablul hertzian este o instalație formată din două, sau mai multe stațiuni de emisie-recepție, care folosind undele ultrascurte dirijate, permite transmiterea muzicii sau a unui număr de convorbiri telefonice între două puncte, care pot fi așezate la o distanță de sute de kilometri.

In forma cea mai simplă o instalație de cablu hertzian, este formată din două stațiuni terminale, așezate în vizibilitate directă la o distanță de 50 până la 100 km, sau chiar mai mult.

Semnele ce urmează a fi transmise — și care se prezintă sub forma unui curent de modulație, provenit dela rețeaua telefonică, instalația de curenți purtători sau dela studioul radiofonic — modulează în postul de emisie al primei stațiuni terminale un curent de înaltă frecvență, care este trimis printr'un cablu coaxial de înaltă frecvență în antena de emisie.

Aceasta îl transformă în unde hertziene, care sunt dirijate de reflectorul antenei, într'un fascicol strâns, spre cealaltă stație terminală.

Cea de a doua stație posedă o antenă similară, care recepționează aceste unde ce sunt transmise sub forma unui curent de înaltă

frecvență, tot prin cablu coaxial, la receptorul respectiv.

In receptor, curentul de înaltă frecvență este transformat în curent de joasă frecvență, care, după amplificare, este trimis în rețeaua telefonică, sau folosit drept curent de modulație pentru postul de emisie, în cazul instalațiilor de cablu hertzian ce fac legătura între studio și postul de emisie.

Dacă natura terenului nu permite vizibilitatea directă între cele două stații terminale, sau dacă acestea sunt prea îndepărtate pentru a se obține o recepție acceptabilă dela o stație la alta, se în cazuri speciale, când nu există posibilitatea de a monta stații releu, se pot utiliza puteri de emisie mari și antene speciale, care folosesc fenomenele de difracție a undelor hertziene, în acest caz traiectoria undelor fiind curbă.

Astfel, se pot obține bătăi supraoptice până la circa de două și trei ori distanța vizibilă. Acest mod de transmitere este utilizat numai în cazuri speciale.

In majoritatea cazurilor însă, instalațiile de cable hertziene sunt formate din două stații terminale și un număr de 2...3 sau mai multe stații releu.

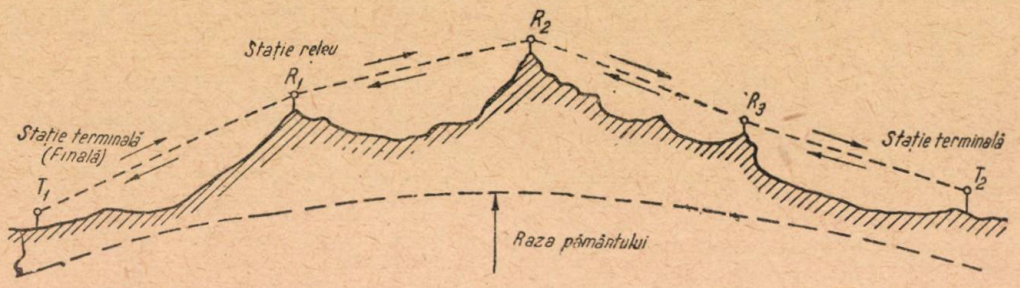


Fig. 1. Schema de principiu a unui cablu hertzian

intercalează un număr de stații releu, așezate deasemenea în vizibilitate directă, care recepționează și apoi retransmit mai departe semnalele radio-electrice.

Din acest punct de vedere, cablul hertzian este analog cu un cablu telefonic obișnuit. Stațiile terminale se pot compara cu stațiile finale ale cablului telefonic, iar stațiile releu cu amplificatorii de linie, folosiți în cazul cablurilor lungi.

Distanța între stațiile releu este însă în general mai mare ca între amplificatorii de linie.

Ca și în cazul cablelor obișnuite, instalațiile de cablu hertzian permit transmiterea unui număr de 6, 12, 24 sau chiar mai multe canale.

Când cablul hertzian este folosit pentru legătură între studioul de radio-emisie și postul de emisie respectiv, stațiile terminale și releu au componența indicată mai sus, deoarece transmiterea semnalelor se face într'un singur sens.

In cazul comunicațiilor telefonice este necesar ca transmiterea semnalelor să se poată face în ambele sensuri. Deaceea, în acest caz, stațiile terminale sunt prevăzute fiecare cu câte un post de emisie și unul de recepție, iar stațiile releu au câte două posturi de emisie și două de recepție, care sunt aproape identice din punct de vedere constructiv.

Sunt cazuri în care este necesar ca dintr'una din stațiile releu să se facă o ramificație laterală a unui număr de canale. fie tot printr'o porțiune de cablu hertzian sau printr'un cablu telefonic subteran. In acest caz, stația de releu respectivă este prevăzută cu un aparataj special pentru ramificație.

Pe lângă aceste instalații, la care stațiile de legătură sunt așezate în vizibilitate directă,

2. **Caracteristicile electrice ale unei instalații de cablu hertzian.** Trebue precizat că — întrucât aceste instalații au construcții variate, care sunt încă în curs de perfecționare—nu se pot da reguli generale, datele menționate mai jos, în privința caracteristicilor electrice esențiale, având un caracter mai mult informativ.

a) Frecvența. Frecvența folosită la o instalație de cablu hertzian este un element determinant, atât pentru caracteristicile electrice ca : putere, modulație, număr de canale, cât și pentru construcția diverselor părți componente.

Pentru precizarea ideilor, reamintim clasificarea undelor radio-electrice :

unde lungi cu o lungime	30 000...	1 000	metri
unde medii cu o lungime ...	1 000...	200	metri
unde scurte cu o lungime	200...	10	metri
unde ultrascurte cu o lungime	10...	0,01	metri
	unde metrice		
	unde decimetrice		
	unde centimetrice		

Mergând în jos pe scara undelor, ajungem la undele infraroșii, luminoase (cu o lungime de undă de 0,0004...0,0008 mm), ultraviolete, razele X și razele cosmice.

Instalațiile de cablu hertzian, folosesc în general unde cu lungimi cuprinse în intervalul 7,5 cm până la 7 metri, la care corespunde, conform formulei cunoscute

$$f = \frac{C}{\lambda} = \frac{300\,000\,000 \text{ (m/s)}}{\lambda \text{ (m)}}$$

frecvențe de 4 000 MHz până la circa 42,80 MHz.

b) Modulația. Frecvența aleasă determină în general felul modulației. Se folosesc trei feluri de modulații : modulația în amplitudine, pentru frecvențe de ordinul sutelor de MHz, modulația în frecvență care poate fi folosită pentru toată

banda de frecvență indicată mai sus și modulația prin impulsuri, care este folosită în special pentru frecvențe de ordinul miilor de MHz.

Modulația în frecvență, adică modificarea frecvenței de emisie în anumite limite, cu ajutorul curentului de modulație, prezintă numeroase avantaje, dintre care menționăm lipsa pronunțată de paraziți. Atât modulația în frecvență cât și modulația prin impulsiuni, adică prin modificarea duratei sau poziției în timp a impulsurilor emise, prezintă marele avantaj că permite transmiterea unui număr mare de canale.

c) Lățimea totală a benzii frecvențelor de modulație transmise printr'o instalație de cablu hertzian, variază în limite largi și depinde în general de numărul de canale. De exemplu ea poate fi de 120...200 kc care este împărțită în 6, 12 sau 24 canale telefonice de câte 3...4 kc. La nevoie, 12 canale telefonice pot fi înlocuite cu un canal radio, care necesită o bandă de frecvență de minimum 10 KHz, spre a permite transmiterea muzicii.

d) Puterile în antenă ale posturilor de emisie depind de frecvență și de felul modulației. De exemplu : pentru frecvențele dela 42,80...250 MHz cu modulație în frecvență se folosesc posturi de emisie cu puteri de 30...50 W și pot ajunge până la 250 și chiar 500 W în cazul distanțelor mari între stațiuni. Cu creșterea frecvenței, undele capătă proprietăți similare celor ale luminei. reflectându-se cu ușurință pe suprafețe metalice, ceeace permite realizarea unei concentrări mai mari a fascicolului de unde, și care conduce la reducerea puterii în antenă. In cazul modulației prin impulsuri, folosind frecvențe de 1 900...2 700 MHz, este suficientă o putere foarte mică de numai 0,5 W.

3. **Avantajele instalațiilor de cablu hertzian.** Instalațiile ce folosesc unde dirijate prezintă avantaje, atât față de legăturile obișnuite prin radio, cât și față de legăturile prin cablu telefonic.

Din prima categorie de avantaje menționăm :

— Folosirea antenelor dirijate, prevăzute cu reflectoare, permite reducerea puterilor emise la valori foarte mici, în comparație cu puterile posturilor de telecomunicații obișnuite, a căror antene radiază puterea aproape uniform în toate direcțiile.

— Frecvențele înalte, modulațiile în frecvență sau prin impulsuri folosite, fac dificilă sau imposibilă recepționarea transmisiunilor cu ajutorul aparatelor de radio obișnuite, care sunt construite pentru frecvențe mai mici și pentru modulație în amplitudine. Aceasta garantează păstrarea secretului transmisiunilor.

— Transmisiunile prin canalele cablelor hertziene sunt aproape complect lipsite de paraziți, datorită în primul rând modulației în frecvență și modulației în impulsuri și, în al doilea rând, directivității antenelor de recepție, care nu recepționează decât semnalele emise dintr'o anumită direcție.

— In comparație cu posturile de radio obișnuite, care permit transmiterea prin unul sau două canale, instalațiile de cablu hertzian au până la 24 sau chiar mai multe canale. Aceasta se datorește frecvențelor înalte folosite, care fac posibilă transmiterea unor benzi largi.

— Faptul că undele radiate de antenele de emisie sunt concentrate într'un fascicol strâns, cu un unghi solid mic, îngreunează recepția de către ascultători nedoriți.

Din cea de a doua categorie de avantaje menționăm :

— Costul unei legături prin cablu hertzian este foarte adesea mai redus decât în cazul când aceeași legătură, cu același număr de canale, ar fi realizată prin cablu telefonic. Pe lângă aceasta, se realizează și o economie de cupru și plumb, care poate fi foarte importantă din punct de vedere economic.

— Timpul de montaj necesar unei instalații de unde dirijate este mult mai scurt decât cel necesar instalării cablelor subterane.

— Posibilitatea de traversare a regiunilor inaccesibile, ca regiuni muntoase, brațe de mare, fluvii, strâmtori, etc.

— Siguranță mare în funcționare, datorită în primul rând aparatajului de rezervă cu care sunt prevăzute atât stațiile terminale cât și stațiile releu, iar în al doilea rând faptul că punctele vulnerabile sunt localizate la stațiile de transmitere (terminale sau releu), spre deosebire de cablele subterane care se pot defecta în oricare punct.

— Calitatea transmisiunilor prin cablul hertzian poate fi mai bună decât la cablele telefonice.

— Insfârșit, un avantaj important al acestor instalații ce lucrează cu modulație în frecvență este posibilitatea de conectare a acestora la instalațiile de curenți purtători, care sunt construite tot pentru un număr de 6, 12 sau 24 canale.

4. **Indicații asupra anteproiectării și proiectării instalațiilor de cablu hertzian.** Deoarece undele ultrascurte folosite, prezintă proprietăți de propagare foarte asemănătoare cu acelea ale luminii, pentru a obține o legătură impecabilă, este necesară o vizibilitate directă între două stațiuni consecutive. In cazurile limită, propagarea este îmbunătățită de fenomenul de refracție. Deaceea, înainte de instalarea unui cablu hertzian, este necesară o proiectare amănunțită :

a) Anteproiectarea unei legături cu unde dirijate începe cu cercetarea locurilor în care urmează a se instala stațiile terminale și releu, precum și a profilului regiunii ce se află între acestea.

Pentru aceasta, se folosesc în general hărți topografice la scara 1/100 000, prevăzute cu liniile echidistante de minimum 50 m. Pentru trasarea profilului, se întrebuințează coordonate rectangulare, cursul undelor dirijate fiind reprezentat printr'un arc de parabolă. Pentru luarea în considerație a curburei pământului și

a refracției undelor radio electrice, se apreciază înălțimile verticale de curbură (h) (fig. 2) ale parabolei prin formula : $h = 0{,}015\ d^2$, unde d este distanța în kilometri între două stațiuni.

După felul regiunilor parcurse, distanța între stațiuni și numărul de canale transmise, se alege înălțimea antenei în așa fel ca între linia de suprafață reprezentată prin parabolă și cele mai apropiate obstacole ale terenului să fie păstrată o distanță minimă.

După trasarea profilului, este necesară verificarea pe teren a vizibilității între stațiuni.

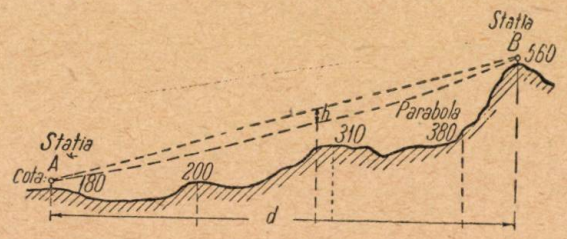


Fig. 2. Stabilirea profilului traseului cablului hertzian

Aceasta se face cu ajutorul metodelor topografice obișnuite, folosind ziua teodolitul, iar noaptea semnalele luminoase. Aceste verificări sunt complectate, în numeroase cazuri, prin măsurători electrice de intensitate a câmpului radio-electric, efectuate de echipe speciale înzestrate cu aparatajul necesar. Tot aceste echipe au rolul de a stabili felul alimentării cu energie a stațiunilor respective, în funcție de condițiile locale.

b) Proiectarea definitivă cuprinde : determinarea pozițiilor stațiilor, stabilirea planului de frecvențe, a înălțimilor exacte ale antenelor și a sistemelor de antene corespunzătoare.

In cazul instalațiilor montate în regiuni de șes, antenele se așează de preferință pe clădiri înalte, evitându-se pilonii. In regiunile muntoase se găsesc întotdeauna poziții bune în privința propagării undelor, însă trebue să se țină seama de posibilitățile de acces care pot influența hotărîtor asupra pozițiilor stațiunilor releu.

Pentru o instalație cu două stațiuni, sunt necesare două frecvențe corespunzătoare celor două sensuri de transmitere. Dacă instalația este formată din mai multe stațiuni, atunci sunt necesare patru frecvențe. Cele două perechi de frecvențe se repetă alternativ.

Calitatea transmiterii este determinată de alegerea potrivită a patru factori : atenuarea datorită distanței, poziția antenelor, frecvența și siguranța evitării fadingurilor, operație ce se execută tot în cadrul proiectării.

5. **Echipamentul stațiilor finale și releu.** Deși alcătuirea instalațiilor de cablu hertzian diferă după tip și fabricație, totuși se pot deosebi trei feluri de echipamente : echipamente pentru stații finale, echipamente pentru stații releu și echipamente de ramificație.

a) Echipamentele finale sunt formate dintr'un rack, care conține emițătorul, receptorul, unitatea auxiliară cu redresorii pentru producerea tensiunilor de filament și anodice, precum și câte o antenă de emisie și recepție, montate în exterior.

Pentru asigurarea continuității în funcționare, stațiile sunt prevăzute cu aparataj de rezervă aproape identic cu cel de lucru, care intră în funcțiune la ivirea unui deranjament. Aparatura de rezervă lucrează cu aceleași antene ca și aparatura de bază, comutarea antenei dela o aparatură la alta făcându-se automat prin releu de comutare. Nu se prevăd antene de rezervă, deoarece acestea se defectează foarte rar. Comutarea dela aparatura de lucru la cea de rezervă se poate face automat sau manual. Alimentarea cu energie electrică, care la stațiile finale se face în general dela rețea, este asigurată de un grup generator de rezervă, care intră în funcțiune automat, în cazul unei întreruperi a rețelei electrice.

b) Echipamentele releu, care lucrează în ambele sensuri, sunt formate dintr'un rack ce cuprinde două emițătoare, două receptoare, două unități auxiliare de alimentare, precum și două antene de emisie și două de recepție. Și stațiile releu, ca și cele terminale, sunt prevăzute cu aparataj de rezervă, trecerea făcându-se în general automat.

Alimentarea stațiilor releu se face sau dela rețea — dacă aceasta există prin apropiere — sau printr'un grup generator, dacă stațiile sunt așezate în puncte izolate. In ambele cazuri este necesar a se prevedea grupuri electrogene de rezervă, care intră în funcțiune imediat.

c) Echipamentele pentru ramificare înlocuiesc echipamentele releu atunci când dintr'una din stațiile unui lanț de unde dirijate se ramifică un număr de canale. Aceste echipamente sunt formate din două aparaturi finale normale, cu două antene de emisie și două de recepție. Aceste echipamente de ramificare sunt folosite mai rar.

6. **Antenele.** Rolul antenelor de emisie dirijate este de a radia puterea emisă în interiorul

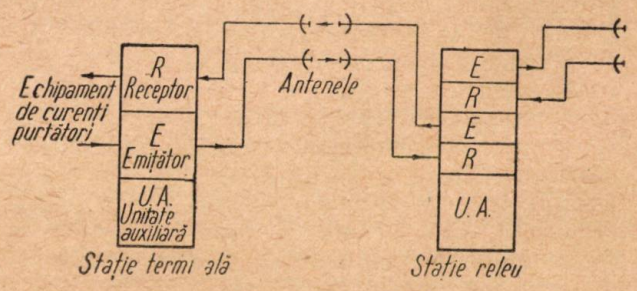


Fig. 3. Echipamente finale și releu

unui unghi solid cât de mic posibil, spre antena de recepție, deasemenea dirijată.

In felul acesta, intensitatea câmpului la antena receptoare este mult mai mare ca în cazul antenelor ce radiază circular. In plus, antenele dirijate mai prezintă și alte avantaje, ca limitarea numărului de ascultători nedoriți, precum și posibilitatea redusă de bruiere a

antenei de recepție. Pe lângă o mare directivitate, se mai cere o posibilitate de lărgire a benzii antenei, adică impedanța antenei să fie cât mai constantă într'o gamă de frecvență largă și să fie adaptată la rezistența emițătorului sau receptorului pe care-l deservește.

Un element foarte important al antenei este factorul de directivitate, care ne indică directivitatea antenei. Cu cât factorul de directivitate este mai mare, cu atât unghiul solid, sub care este radiat fascicolul de unde, este mai redus.

Factorul de directivitate este dat de relația :

$$g = 10 \log \frac{\text{Puterea radiatorului direcțional}}{\text{Puterea radiatorului sferic}} \text{(db)}.$$

La instalația de cablu hertzian se folosesc, în general, atât la recepție cât și la emisie, trei forme de antene, după gama de frecvență întrebuințată :

— antene dipol cu reflectori acordați, folosite de exemplu pentru banda de frecvență 40...70 MHz ;

— antene dipol cu reflector în unghi diedru, folosite de exemplu pentru banda de frecvență 120...250 MHz ;

— antene dipol cu reflector parabolic, folosite de exemplu pentru banda de frecvență 1 900...2 700 MHz și mai mult.

a) Dipolii cu reflector se folosesc uneori în grupe de 4 dipoli, deorece un dipol simplu, cu reflector de rezonanță, are o directivitate prea redusă. Dimensiunile unei astfel de grupe de 4 dipoli, denumită și unitate de antenă sau unitate de câmp, sunt considerabile, ajungând — în cazul undelor metrice — la 470 × 850 × 250 cm.

Pentru mărirea directivității se pot utiliza mai multe grupe de dipoli. Atât radiatorul, cât și reflectorul sunt montate în tuburi de protecție, iar împotriva influențelor atmosferice ei sunt cositoriți. Dipolii sint conectați la receptori sau emițători prin intermediul cablului coaxial de înaltă frecvență, care are o impedanță fixă, ce variază după construcție și care este în general în jurul a 60 Ω. In cazul folosirii mai multor unități de câmpuri de antene se folosesc dispozitive de conectare și transformare, pentru a se obține de fiecare dată impedanța caracteristică de 60 Ω.

Proprietățile electrice ale acestor antene nu sunt modificate sensibil de înghețarea lor în timpul iernii. Acest lucru are o importanță deosebită, dacă ținem seama că majoritatea stațiunilor releu sunt așezate pe vârful munților la înălțimi mari, și deci la temperaturi scăzute.

Pentru obținerea unui câmp radioelectric cât mai intens la recepție, este necesar ca pilonii pe care sunt fixate antenele să fie cât mai înalți, iar numărul de elemente de antenă, cât mai mare. Posibilitatea de încărcare a unui pilon nu este limitată numai de greutatea antenei, care poate ajunge la 600...700 kg pe unitate de câmp, cât mai ales de rezistența la vânt a câmpului antenelor. Pentru reducerea acestei rezistențe, tuburile de protecție ale dipolilor se construesc cu profile elipsoidale, a căror rezistență la vânt este numai 30% din rezistența unei antene echivalentă din punct de vedere electric, însă cu dipoli având profil rotund.

Inălțimile și formele constructive ale pilonilor de antenă diferă după poziția acestora și după numărul de unități de antenă ce se montează. Pe înălțimi naturale, pilonii se fac cu o înălțime mai redusă. Din punct de vedere constructiv, ei pot fi simpli și dubli și ancorați sau neancorați. Inălțimile lor pot ajunge în regiuni de șes, până la 100 m.

Factorul de concentrare al acestui tip de antenă, depinde de numărul unităților folosite și poate ajunge până la 70.

b) Dipolii cu reflector în unghi diedru se folosesc pentru frecvențe de ordinul sutelor de MHz. Deoarece mărimea dipolului este, după cum se știe, în funcție de lungimea de undă, rezultă că dimensiunile acestor antene sunt mult mai mici decât a acelora cu reflector simplu de rezonanță, descrise mai sus. Reflectoarele în unghi diedru sunt formate din bare metalice paralele, așezate în unghi diedru. Pe bisectoarea unghiului se găsește antene dipol propriu zisă, care deobicei este protejată de un înveliș de plexiglas, împotriva depunerii de ghiață sau polei.

Dacă depărtarea o necesită, se pot conecta în paralel mai multe antene, ceeace are ca urmare o mărire a efectului direcțional. Factorul de concentrare al acestor antene, în raport cu un dipol simplu, se ridică la 100.

c) Antenele dipol cu reflector parabolic se folosesc la instalațiile de cablu hertzian, care funcționează în gama undelor decimetrice. Reflectoarele au formă de paraboloid de revoluție în al cărui focar se găsește dipolul protejat, deasemenea, contra intemperiilor printr'un înveliș din material plastic.

Se folosesc reflectoare de 1,2 ; 2 ; și 3 m diametru, a căror directivitate crește cu suprafața. Deci, cu cât suprafața este mai mare, cu atât atenuarea pe parcurs va fi mai mică. Reflectoarele se construesc din tole de aluminiu, iar suprafața de reflecție se argintează.

Pentru orientarea antenei în direcția stației releu următoare, se prevăd dispozitive care permit reglajul, atât în plan orizontal, cât și în plan vertical.

Factorul de concentrare al acestui tip de antenă variază dela 500...3 000, ajungând chiar la 4 000. De aici rezultă marele avantaj pe care-l prezintă undele decimetrice, care pot fi concentrate într'un fascicol foarte strâns.

Antenele de emisie, cât și cele de recepție sunt legate la emițător sau la receptor tot prin cablu coaxial.

7. **Modul de funcționare.** Pentru a ne da seama în general de drumul parcurs de semnal în lungul cablului hertzian, redăm mai jos modul de funcționare a unei instalații, cu modulații în frecvență, lucrând pe banda 150...220 MHz.

Din punct de vedere al funcționării, deosebim la o astfel de instalație două părți : canalul de bandă largă, care poate fi împărțit la rândul lui în 6, 12 sau 24 canale, și canalul de serviciu, care lucrează independent de canalul de bandă largă, însă este deservit de aparate montate pe aceleași rackuri, folosind aceleași antene de emisie și recepție.

a) *Canalul de bandă largă.* Canalul de bandă largă servește pentru transmiterea convorbirilor telefonice sau curentului de modulație pentru posturile de radio emisie, în cazul în pull, în care frecvența este încă odată multiplicată. Etajul final de putere (*9*), care urmează, amplifică semnalul la puterea de ieșire. Curenții de înaltă frecvență sunt conduși la antenă printr'un cablu coaxial (*11*). De aici semnalul este transmis mai departe, pe calea undelor, spre prima stație releu (fig. 4, *b*), unde este recepționat de antena de recepție (*15*) și, prin intermediul unui cablu coaxial, ajunge la preamplificatorul de înaltă frecvență. In etajul de amestec (*1*), ce urmează, el este transpus, prin suprapunerea unei oscilații locale, pe frec-

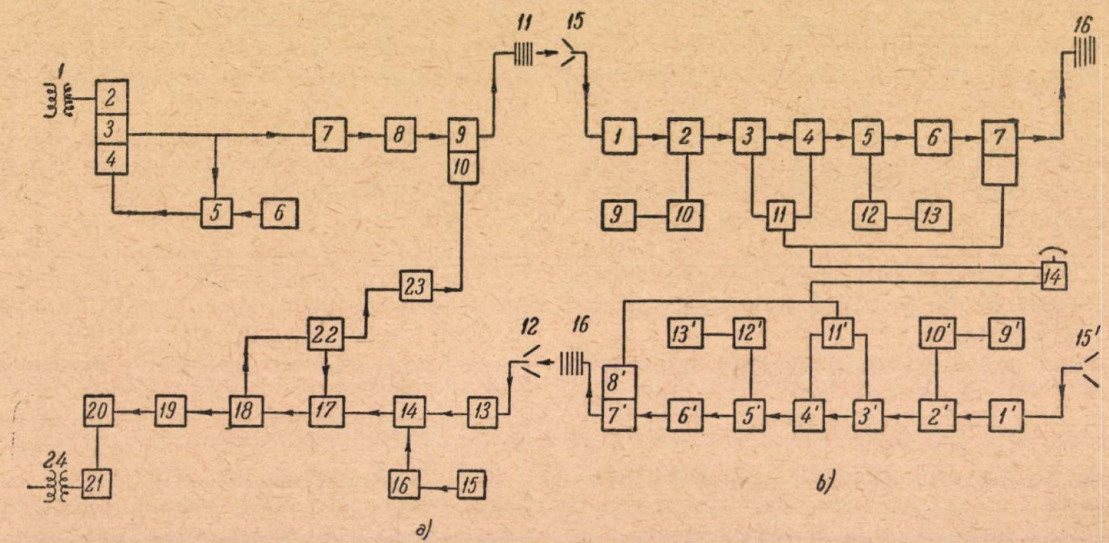


Fig. 4. Schema bloc simplificată a unei stațiuni terminale (*a*) și a unei stațiuni releu (*b*) :

a) *1* — transformator de intrare simetric ; *2* — tub de reactanță pentru modulație ; *3* — oscilator ; *4* — tub de reactanță pentru stabilirea frecvenței ; *6* — discriminator de control pentru stabilizarea frecvenței ; *6* — oscilator cu cuarț ; *7* — etaj multiplicator ; *8* — etaj de amplificare ; *9* — etaj de putere ; *10* — amplificator pentru modulația de amplitudine ; *11* — antena de emisie ; *12* — antena de recepție ; *13* — amplificator de înaltă frecvență ; *14* — etaj de amestec ; *15* — oscilator cu cuarț pentru semnalul de amestec ; *16* — multiplicator pentru semnalul de amestec ; *17* — amplificator de medie frecvență ; *18* — primul etaj limitator ; *19* — al doilea etaj limitator ; *20* — discriminatorul ; *21* — amplificator de joasă frecvență ; *22* — etaj de detecție pentru semnalul de serviciu ; *23* — aparat telefonic pentru canalul de serviciu ; *23* — transformator de ieșire pentru semnalul de joasă frecvență.

b) *1* — preamplificator de înaltă frecvență ; *2* — primul etaj de amestec ; *3* — amplificator de medie frecvență ; *4* — limitator ; 5 — al doilea etaj de amplificare ; *6* — etaj de amplificare ; *7* — etaj de putere ; *8* — etaj de modulație în amplitudine pentru canalul de serviciu ; *9* — oscilator cu cuarț pentru primul semnal de amestec ; *10* — multiplicator al primului semnal de amestec ; *11* — etaj de detecție al semnalului de serviciu ; *12* — multiplicator pentru cel de al doilea semnal de amestec ; *13* — oscilator cu cuarț pentru cel de al doilea semnal de amestec ; *14* — aparat telefonic pentru comunicațiile de serviciu ; *15* — antenă de recepție ; *16* — antenă de emisie.

care instalația leagă studioul cu postul respectiv (fig. 4, *a* și *b*).

Semnalul de modulație, provenit dela aparatajul de curenți purtători sau dela studioul radiofonic, este condus la un transformator de intrare simetric (*1*). Prin intermediul unui divizor de tensiune reglabil, așezat pe secundar, acest semnal ajunge la grila lămpii de reactanță (*2*), care modulează în frecvență oscilatorul (*3*).

Stabilitatea de frecvență este asigurată de un dispozitiv de control, format din tubul de reactanță (*4*) discriminatorul (*5*) și oscilatorul cu cuarț (*6*). Oscilatorul lucrează cu o frecvență de bază de 7...10 MHz, iar deviația de frecvență este menținută redusă pentru a se obține liniaritate. In etajele multiplicatoare următoare (*7*), semnalul este adus la frecvența de emisie. Pentru a reduce reacțiunea între oscilator și etajele de multiplicare, se conectează între ele un etaj separator. Dela etajele de multiplicare, semnalul de înaltă frecvență ajunge la etajul de amplificare (*8*), conectat în puschvența intermediară. Semnalul ajunge apoi la cel de al doilea etaj de amestec (*5*), printr'un cuplaj inductiv, unde este transpus pe noua frecvență de emisie, prin suprapunerea unei noi oscilații locale, controlată prin cristal de cuarț. Printr'un etaj de amplificare (*6*), se realizează executarea etajului final (*7*), care debitează puterea de ieșire în antena de emisie (*16*).

La cea de a doua și următoarele stații releu, fenomenul se repetă până când semnalul ajunge la stația terminală. Deoarece cele două stații terminale sunt identice, putem urmări mai departe drumul parcurs de semnal, tot pe figura 4, *a*.

Semnalul recepționat de antenă (*12*) ajunge printr'un cablu coaxial la etajul de înaltă frecvență (*13*) al receptorului. In etajul de amestec ce urmează (*14*), semnalul amplificat este suprapus peste acel al oscilatorului controlat cu cristal (*15*). Semnalul de frecvență intermediară rezultat este condus la amplificatorul de medie frecvență (*17*), unde este amplificat și apoi la

cele două etaje limitatoare (*18*) şi (*19*), care aduc semnalul la o amplitudine constantă (figura 4, *a* şi *b*).

După demodularea în discriminator şi frecarea prin amplificatorul de ieşire al receptorului (*21*), semnalul trece printr'un transformator de joasă frecvenţă (*24*), care adaptează ieşirea de valoare ohmică ridicată a discriminatorului, la impedanţa de ieşire de 150 Ω, necesară pentru conectarea la aparatura de curenţi purtători.

Atenuatori speciali fac posibilă adaptarea exactă a nivelului receptorului la valoarea prescrisă.

Acesta este drumul parcurs de semnal într'un sens. In sens invers, semnalul parcurge un drum identic, trecând prin aceleaşi transformări.

b) *Canalul de serviciu.* Canalul de serviciu alcătueşte o legătură telefonică între staţiunile terminale şi relee, este complect independent de canalul de bandă largă şi poate funcţiona chiar în cazul unei defectări a acestuia.

Fiecare staţiune posedă un telefon al canalului de serviciu. Tensiunea dată de microfon acţionează un amplificator de modulaţie montat în etajul final al emiţătorului. Tensiunea de modulaţie produce o modulaţie suplimentară în amplitudine a semnalelor canalului de bandă largă. Semnalele canalului de serviciu sunt transmise, pe calea undelor, deci incluse în semnalele canalului de bandă largă. La staţiile de recepţie, dispozitive speciale demodulează şi amplifică semnalele, care ajung apoi la căştile telefonului de serviciu.

Telefonul de serviciu poate fi complectat printr'un aparat de semnalizare, care serveşte pentru chemarea la telefonul de serviciu a personalului staţiilor. In acest scop se trimite prin canalul de serviciu către staţiile chemate o frecvenţă de apel, care este recepţionată de celelalte staţii şi transformată într'un semnal de clopot sau sonerie.

Tot prin canalul de serviciu, se realizează, în cazul staţiunilor fără deservire, şi semnalizarea automată a stării de funcţionare a staţiilor releu. Transmiţătorul de semnale transmite automat prin canalul de serviciu semnale Morse, care sunt recepţionate la staţia însărcinată cu supravegherea întregii instalaţii de cablu hertzian. Aceste semnale pot indica lipsa reţelei de alimentare, comutarea pe aparatura de rezervă, lipsa recepţiei pe o direcţie, starea critică a apei sau combustibilului la grupul generator, etc.

8. **Alimentarea cu energie.** Alimentarea cu energie a staţiilor terminale şi releu este un factor important care poate influenţa asupra stabilirii locului staţiilor releu, cât şi, într'o oarecare măsură, asupra costului instalaţiei.

Cel mai simplu fel de alimentare al unei staţii de unde dirijate terminale sau releu, este conectarea acesteia la o reţea electrică locală. Dacă nu există în apropiere o astfel de reţea, este avantajos, din punct de vedere economic, realizarea unui racord chiar la o reţea ce se găseşte la câţiva kilometri, deoarece costul întreţinerii şi combustibilului necesar unui grup generator este mult mai ridicat.

Dacă nu se poate realiza un astfel de racord, atunci se folosesc, în cazul unei funcţionări continue, grupuri generatoare cu motor Diesel, cu viteză redusă şi răcire cu apă, care deobicei sunt cuplate, prin intermediul unui dispozitiv de demultiplicare, cu generatorul respectiv.

Atât la instalaţiile alimentate dela reţea, cât şi la cele alimentate cu grup generator, este necesară asigurarea alimentării cu energie printr'un grup generator de rezervă, care să intre în funcţiune imediat la întreruperea reţelei sau defectarea grupului de alimentare local. Un astfel de grup poate fi format dintr'un motor Diesel răcit cu aer şi cuplat direct cu un generator.

Un automat pune în funcţiune grupul generator imediat ce intervine o întrerupere a curentului de alimentare, şi îl deconectează la revenirea acestuia.

O altă soluţie foarte sigură în funcţionare, însă scumpă, este alimentarea prin baterie de acumulatori şi grup convertizor de curent continuu — alternativ. Pentru încărcarea acumulatorilor se foloseşte un generator cu motor Diesel.

★

РАДИОРЕЛЕЙНАЯ ЛИНИЯ

Р е з ю м е

У. к. в. с длиной волны до 16 м имеют особенное свойство отражаться, как и световые волны, когда попадают на препятствие. Используя дипольные антенны с специальными рефлекторами, можно получить концентрированные пучки радиоволн, направленные в желанном направлении. Таким образом, получаются радиорелейные установки, состоящие из некоторого числа приемно-передающих станций, которые могут служить для телефонной связи или для связи между студией и передающей станцией.

O RIGLĂ DE CALCUL PENTRU CONSUMURI SPECIFICE

Ing. W. HAQUÊ

Determinarea rapidă şi corectă a consumului specific de materiale este unul din factorii care asigură întocmirea unui plan real de aprovizionare şi înlătură prin eliminarea erorilor de calcul, stagnări în producţie prin lipsă de material sau stocuri supranormative.

Deaceea, găsirea unui procedeu de calcul simplu şi exact ce poate fi pus la îndemâna oricărui tehnician calificat aduce o îmbunătăţire reală în munca de planificare şi aprovizionare a întreprinderilor.

Construcţia „riglei de consum" care îndeplineşte condiţiile de simplicitate şi exactitate,

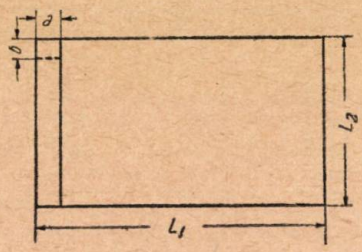


Fig. 1

este unul din ajutoarele cele mai eficace ale tehnicianului calculator.

Cu ajutorul acestei rigle, consumul specific al tablelor şi barelor de diferite dimensiuni şi secţiuni poate fi calculat prin câteva operaţiuni mecanice, fără a cere calculatorului o efectuare de operaţiuni aritmetice, ceeace elimină posibilităţile de greşeli specifice acestor operaţiuni. Pe de altă parte se exclud complet erorile de ordine de mărime.

Caracteristici, exactitate. „Rigla de consum" are dimensiunile unei rigle obişnuite de calcul, adică circa 300 × 80 mm. Se pot calcula cu ajutorul „riglei de consum" greutăţile specifice ale pieselor executate din tablă de oţel, cupru, alamă, aluminiu, ale foilor de preşpan şi pertinax, cu grosimi variabile între 0,1 şi 10 mm, precum şi greutăţile specifice ale pieselor executate din bare de oţel, cupru, alamă, aluminiu, rotunde, pătrate şi exagonale, între 0,1 şi 100 mm. Exactitatea riglei de calcul este de 1 : 100, ceeace permite calculul greutăţilor cu o exactitate de 1 g la 100 g. Această exactitate este pe deplin satisfăcătoare.

Principii constructive. Construcţia „riglei de consum" se bazează pe principiul riglei de calcul cu scară logaritmică.

Calculul consumului de materiale se bazează pe înmulţirea dimensiunilor brute cu greutatea specifică a materialului considerat.

Înţelegem prin dimensiunea brută, dimensiunea de tăiere astfel corectată, ca raportul între dimensiunea materialului şi dimensiunea de tăiere să fie un număr întreg. Acest raport reprezintă numărul de bucăţi ce pot fi obţinute prin tăiere din material.

Considerăm pentru exemplificare cele două cazuri :

a) calculul consumului specific în cazul materialului din foi ;

b) calculul consumului specific în cazul materialului din bare.

In mod obişnuit, calculul greutăţii brute la materialul din foi se face cu ajutorul unui plan de tăiere (fig. 1) în care se figurează modul de croială al materialului.

Vom nota cu :

L_1 — lungimea foii ;
L_2 — lăţimea foii ;
g — grosimea foii ;
a — lăţimea benzii din care se execută piesa ;
b — lăţimea piesei sau avansul (pasul) în cazul decupării prin sculă ;
G_b — greutatea brută a piesei ;
G — greutatea foii ;
n_1 — numărul de benzi ce pot fi tăiate din foaie ;
n_2 — numărul de bucăţi ce pot fi obţinute dintr'o bandă ;
γ — greutatea specifică.

Greutatea brută va fi în consecinţă egală cu

$$G_b = \frac{G}{n_1 \cdot n_2}$$

sau înlocuind pe :

$$G = L \cdot L_2 \cdot g \cdot \gamma \text{ şi}$$

$$n_1 = \frac{L_1}{a + \varepsilon_1},$$

$$n_2 = \frac{L_2}{a + \varepsilon_2}$$

în care ε_1 şi ε_2 sunt factori de corectare, vom avea :

$$G_b = \frac{L_1 \cdot L_2 \cdot g \cdot \gamma}{\left(\frac{L_1}{a + \varepsilon_1}\right)\left(\frac{L_2}{b + \varepsilon_2}\right)}.$$

Am introdus în calcul factorii de corectare ε_1 şi ε_2 pentru a putea defini noţiunile de dimensiuni brute. Astfel, dimensiunea brută a' va fi

$$a' = a + \varepsilon_1 ;$$

ε_1 fiind o valoare minimă, astfel ca raportul $\frac{L_1}{a'}$ să fie un număr întreg.

Dacă de exemplu, considerăm $L_1 = 2\,000$, iar $a = 78$, raportul $\frac{L_1}{a}$ va fi

$$\frac{L_1}{a} = \frac{2\,000}{78} = 25{,}6$$

deci va trebui ca $\frac{L_1}{a'} = \frac{2\,000}{78+\varepsilon_1} = 25$, numărul întreg căutat.

Putem afla imediat dimensiunea brută:

$$a' = \frac{2\,000}{25} = 80$$

Analog dimensiunea brută b' va fi:

$$b' = b + \varepsilon_2$$

ε_2 fiind o valoare minimă, astfel ca $\frac{L_2}{b'}$ să fie un număr întreg.

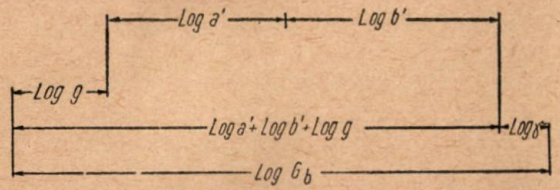


Fig. 2

Introducând pe a' respectiv b' în formula greutății brute, vom avea:

$$G_b = \frac{L_1 \cdot L_2 \cdot g \cdot \gamma}{\frac{L_1}{a'} \cdot \frac{L_2}{b'}} = a' \cdot b' \cdot \gamma \cdot g$$

sau aplicând logaritmii:

$$\log G_b = \log a' + \log b' + \log \gamma + \log g$$

operații care se pot efectua pe o riglă de calcul cu scară logaritmică, conform figurii 2.

Pe rigla de consum, scările a' și b' se găsesc pe riglă, scara g și G_b se găsesc pe rigleta *2* (fig. 7 *a,b,c*), iar valorile lui γ pentru diferite materiale utilizate în industrie sunt înscrise pe cursor.

Problema calculului consumului specific se poate considera deci rezolvată, cu condiția corectării valorii lui a cu $a + \varepsilon_1$ și b cu $b + \varepsilon_2$.

Pentru a efectua această corectare s'a prevăzut pe rigleta *I* scările L_1, L_2, precum și n_1, n_2.

Iată cum se face corectarea:

Considerând raportul $n_1' = \frac{L_1}{a}$, în care n_1' reprezintă valoarea aritmetică a raportului. In exemplul arătat mai sus, unde

$$L_1 = 2\,000 \text{ și}$$

$$a = 78, \text{ raportul } n_1' = \frac{2\,000}{78} = 25{,}6.$$

Aplicând la formula lui n_1' logaritmii, obținem

$$\log n_1' = \log L_1 - \log a,$$

situație care este figurată prin poziția *I* în figura 3.

Ducând deci linia *O* a cursorului în dreptul poziției *I* și deplasând apoi cursorul până la prima valoare întreagă a lui n'_1; imediat inferioară valorii inițiale, găsim valoarea:

$$n_1 = \frac{L_1}{a'} = 25,$$

implicit deci găsim valoarea $\frac{L_1}{a'}$ căutată.

Evident că $a\,n_1' = a'\,n_1 = L_1$.

Menționăm că în rigla de consum (fig. 7 *a,b,c*) scara a este inversă scărilor L_1 și n' pentru a putea obține valoarea $\frac{L_1}{a}$ prin adunarea lungimilor $\log L_1 + (-\log a)$, ceeace duce la o simplificare constructivă.

In același mod corectăm valoarea b la valoarea b' prin deplasarea liniei cursorului dela valoarea n_2' la valoarea întreagă imediat inferioară n_2, găsind valoarea $\frac{L_2}{b'}$.

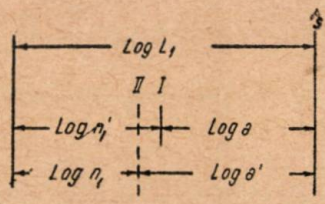


Fig. 3

Simplicitatea manipulării exclude orice eroare.

In unele cazuri, valoarea deșeului ce rezultă din tăiere se poate recupera prin reîntrebuințarea lui la alte repere. Putem afla valoarea acestui deșeu în modul următor (fig. 4).

Deșeul d rezultă din relația:

$$d = L_1 - a \cdot n_1.$$

Cunoscând deci valoarea lui $a \cdot n_1$ vom putea afla valoarea lui d prin scăderea acestei valori din valoarea cunoscută L_1. Valoarea $a \cdot n_1$ se află, ducând diviziunea care corespunde valorii corectate n_1 în dreptul diviziunii care corespunde valorii a prin deplasarea rigletei *I* (fig. 3) și citind în dreptul săgeții s valoarea $a \cdot n$, pe scara L_1.

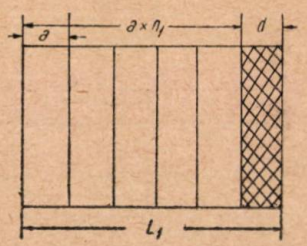


Fig. 4

In cazul execuției pieselor din bare (fig. 5), considerăm:

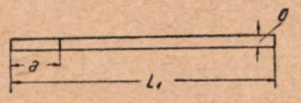


Fig. 5

L_1 — lungimea barei;
a — dimensiunea de tăiere;
d — diametrul barei.

Analog ca în cazul foilor, greutatea brută:

$$G_b = \frac{L \cdot s \cdot \gamma}{n}$$

în care:

s reprezintă secțiunea barei;
n — numărul de bucăți ce se pot obține din bară;
γ — greutatea specifică.

Numărul de bucăți n se poate raporta la:

$$n = \frac{L_1}{a'}$$

a', greutatea brută, fiind egală cu $a' = a + \varepsilon$.

Obținem astfel

$$G_b = \frac{L_1 \cdot s \cdot \gamma}{\frac{L_1}{a'}} = a' \cdot s \cdot \gamma,$$

ceeace se poate reprezenta pe rigla de consum prin adunarea lungimilor (fig. 6).

Valoarea $\frac{L_1}{a'}$ se obține identic ca în cazul pieselor din foi prin corectarea valorii a.

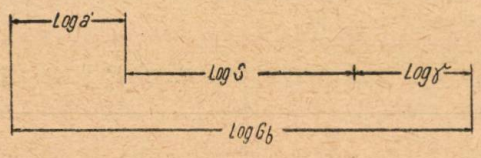


Fig. 6

Secțiunea s este reprezentată în cazul barelor rotunde prin patratul diametrului (d^2) decalat față de punctul inițial cu $\frac{\pi}{4}$

In cazul barelor patrate și exagonale, secțiunea este reprezentată prin patratul lățimii, respectiv patratul deschiderii cheii, valoarea acesteia din urmă fiind decalată de punctul inițial cu $\frac{\sqrt{3}}{2}$.

Pe rigla de consum (fig. 7 *a*, *b*, *c*) scara *d* se află figurată pe partea inferioară a riglei.

Calculul consumului. Calculul greutăților brute cu ajutorul riglei de consum se face în modul următor :

Considerăm o foaie de tablă de oțel cu $L_1 = 2\,000$ mm, $L_2 = 1\,000$ mm din care tăiem piese cu dimensiunile $a = 78$ mm și $b = 48$ mm. Tabla are grosimea $g = 2$ mm.

Iată mânuirile ce se vor executa pentru aflarea greutăților brute :

1. Se așează în dreptul săgeții superioare de pe riglă (fig. 7) diviziunea de pe scara L_1, corespunzătoare lungimii de tablă. In cazul considerat, în dreptul săgeții se află diviziunea 2 000 a riglei *I*.

2. Se aduce linia zero a cursorului în dreptul dimensiunii benzii de pe scara *a* (scara mijlocie), în cazul nostru la diviziunea 78 și se corectează apoi la dimensiunea brută, ducând linia zero a cursorului la dimensiunea imediat inferioară, a scării Buc de pe rigleta *I* (în cazul nostru 2).

3. Se aduce diviziunea care reprezintă grosimea materialului (în cazul nostru 2) în dreptul liniei zero a cursorului.

Poziția *a* din figura 7 ilustrează această situație.

4. Deplasăm rigleta *I*, astfel ca în dreptul săgeții să se afle diviziunea care corespunde cu lățimea foii ($L_2 = 1\,000$).

5. Se aduce linia zero a cursorului în dreptul dimensiunii b' — deci la diviziunea 48 — de pe scara *b* și se corectează ca mai sus, la valoarea dimensiunii brute b', deci la diviziunea 20, de pe scara care reprezintă numărul de bucăți ($n_2 = 20$).

6. Se citește în dreptul liniei de pe cursor

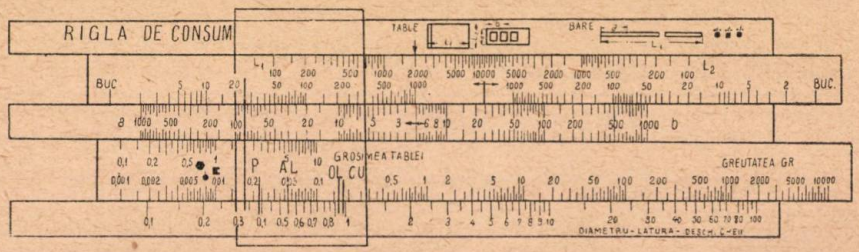


Fig. 7 *a*

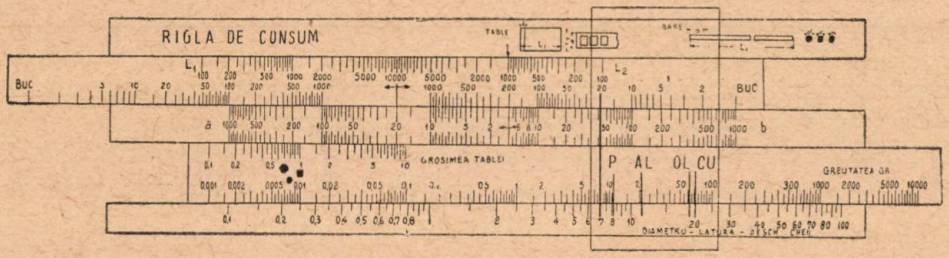


Fig. 7 *b*

care corespunde materialului dat — în cazu nostru *OL* — greutatea brută, deci 64 *g*.

Poziția *b* din figura 7 ilustrează situația finală.

Pentru calculul pieselor executate din bară se procedează în modul următor :

Considerăm o bară de cupru de diametru $d = 20$ mm, cu lungimea de livrare $L_1 = 3\,000$ mm, din care urmează să se taie o piesă, a cărei lungime de tăiere $a = 320$.

Calculul greutății brute a piesei considerate se face astfel :

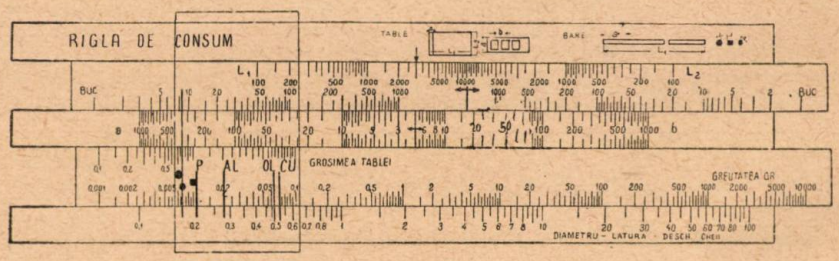


Fig. 7 *c*

1. Se aduce în dreptul săgeții diviziunea care corespunde cu lungimea de livrare a barei $L_1 = 3\,000$ mm.

2. Se aduce linia zero a cursorului în dreptul dimensiunii de tăiere $a = 320$ şi se corectează la dimensiunea brută, deci $n_1 = 9$.

3. Se aduce în dreptul liniei zero a cursorului semnul de pe rigleta *II*, care corespunde simbolului secţiunii, Astfel, pentru bare rotunde, semnul ●; pentru bare patrate ■ şi pentru bare exagonale ⬢.

Poziţia *c* de pe figura 7 ilustrează această situaţie în ipoteza barelor rotunde.

4. Se deplasează cursorul aducând linia zero a cursorului în dreptul diviziunii ce reprezintă diametrul barei pe scara inferioară a riglei şi se citeşte în dreptul liniei *OL* de pe cursor, greutatea brută.

DIN EXPERIENTA TARILOR DE DEMOCRAŢIE POPULARA

REZISTENŢA TERMICA ŞI DINAMICĂ A TRANSFORMATORILOR DE INTENSITATE ŞI ÎN SPECIAL AI CELOR CU BOBINAJE DE ALUMINIU*)

B. TÖRÖK şi *T. CSIZY*

Produsul dintre coeficientul de multiplicare al curentului de limită termică n şi densitatea de curent s este o cantitate determinată şi poate varia independent de toate celelalte caracteristice tehnice ale transformatorului având bobinaje de cupru sau aluminiu. La bobinaje de aluminiu este necesară scăderea numărului de amperspire. In articol se dă soluţia şi consecinţele acestei probleme.

Ca urmare a desvoltării instrumentelor de măsură şi a aplicării metodelor noi de măsurare şi protecţie, pretenţiile faţă de transformatorii de intensitate au crescut mult, mai ales în ceeace priveşte capacitatea şi precizia lor.

Au crescut însă şi curenţii de limită dinamică datorită interconectării reţelelor mari, precum şi datorită punerii în funcţiune a unor noi şi puternice uzine. Astfel, acum câţiva ani, conform condiţiilor specifice în standarde, era suficient ca intensitatea curentului de stabilitate dinamică să fie de 60...90 ori curentul nominal. Astăzi această valoare este insuficientă, se merge la curenţi de stabilitate dinamică de 100...120 ori curentul nominal şi nu odată se cere şi de o mie de ori curentul nominal. Desvoltarea şi standardizarea noilor tipuri s'a impus cu ocazia tipizării staţiilor. Concomitent cu aceasta având în vedere economia de materiale neferoase, s'a ridicat problema de a se trece la înfăşurări din aluminiu, astfel ca şi aceşti transformatori de intensitate standardizaţi să nu difere nici ca dimensiuni, nici ca prescripţii tehnice, de ceilalţi. Deci, transformatorii de intensitate cu înfăşurări de aluminiu trebue să aibă pe lângă aceleaşi dimensiuni şi caracteristici tehnice aceeaşi stabilitate tehnică şi dinamică, ca şi cei cu înfăşurări de cupru. Pentru desvoltarea problemei, pe baza unei teme fixate de VKKL, s'au luat în studiu transformatorii de intensitate tip buclă şi bară cu înfăşurare de cupru (fig. 1) elaboraţi de AEG, care au fost standardizaţi de către Comisia de Standardizare şi care se fabrică şi astăzi de către „Transzvil RT".

Ce se înţelege prin stabilitate termică şi dinamică? Conform standardului:

Curent de limită termică este valoarea eficace maximă a curentului pe care îl poate suporta bobinajul primar al unui

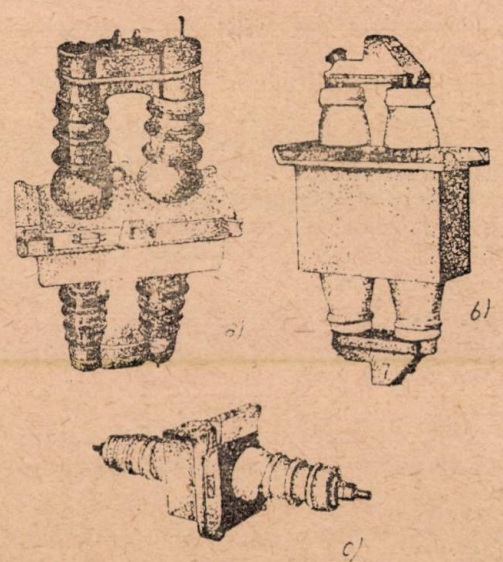


Fig. 1

transformator de intensitate cu secundarul legat în scurt circuit, timp de 1 secundă.

Curent de limită dinamică este amplitudinea maximă a curentului pe care o poate suporta bobinajul primar cu secundarul legat în scurt circuit.

*) Traducere din „Electrotehnika", Nr. 4/1953, Budapesta

Din punct de vedere al asigurării contra scurtcircuitelor, fabrica propune următoarele valori pentru transformatorii de intensitate cu înfăşurări de cupru.

Transformatorii de intensitate în buclă: indiferent de puterea standardizată şi de clasa de precizie pentru:

tipul ADP 10 şi AP 10 seria 10 kV
tipul ADP 20 şi AP 20 seria 20 kV
tipul ADP 30 seria 30 kV

Curentul de limită termică este:

$I_t = 100\ I_n$ (în cazuri excepţionale 150... 200 I_n) Curentul de limită dinamică:

$I_d = 250 \cdot \sqrt{2} \cdot I_n$ (în cazuri excepţionale $375..\ 500 \cdot \sqrt{2} \cdot I_n$) unde I_n este curentul nominal.

Transformatorii de intensitate speciali, construiţi pentru curenţi mai mari de scurtcircuit, se execută totdeauna cu păstrarea dimensiunilor standardizate dar numai cu un singur circuit de măsură.

Transformatorii de intensitate tip bară: indiferent de puterea standardizată şi de clasa de precizie pentru:

tipul ARP 10 seria 10 kV
tipul ARP 20 seria 20 kV
tipul ARP 30 seria 30 kV

curentul de limită termică depinde de secţiunea conductorului bobinajului primar, care, pentru uşurarea fabricaţiei în serie, se face de aceeaşi dimensiune pentru o serie întreagă de valori de curenţi nominali. La limită (450, 900, 2 000 A) el este egal cu:

$$I_t = 110 - 100 - 90 \cdot I_n.$$

deci se poate considera egal cu cel al transformatorului de intensitate în buclă.

Curentul de limită dinamică este egal cu cel al barelor la care este legat.

Cerinţele actuale de asigurare contra scurtcircuitelor întrec valorile de mai sus.

I. **Stabilitatea termică.** Se va examina ce condiţii trebue să îndeplinească înfăşurarea pentru ca intensitatea limită termică să nu distrugă izolaţia şi să nu aibă efecte dăunătoare asupra materialului conductorului.

Se alege arbitrar o valoare a curentului de limită termică

$$I_t = n\ I_n \quad \text{A};$$

deci egală cu de n ori curentul nominal. Acest curent, conform standardului, încălzeşte bobinajul timp de 1 secundă. Dacă rezistenţa bobinei este

$$R = \rho \frac{l}{q}\ \Omega \qquad (1)$$

căldura produsă este

$$Q = I_t^2 \cdot R = (n\ I_n)^2 \cdot \rho \cdot \frac{l}{q}\ \text{Ws} \qquad (2)$$

Introducând în formulă densitatea de curent

$$s = \frac{I_n}{q}\ \text{A/mm}^2$$

greutatea bobinei

$$G_1 = q \cdot l \cdot \gamma \cdot 10^{-3}\ \text{kg}$$

şi înmulţind ecuaţia (2) cu

$$\frac{q}{q} \cdot \frac{\gamma}{\gamma} \frac{10^{-3}}{10^{-3}} = 1$$

se obţine

$$Q = n^2 \left(\frac{I_n}{q}\right)^2 \rho\ (l \cdot q \cdot \gamma \cdot 10^{-3}) \cdot \frac{10^3}{\gamma} =$$

$$= n^2 s^2 \rho\ G_1 \cdot \frac{10^3}{\gamma} = n^2 \cdot s^2 \cdot \frac{\rho}{\gamma} G_1\ \text{kWs} \qquad (3)$$

unde

n este coeficientul curentului limită,
s — densitatea de curent (A/m²);
S — rezistenţa specifică a conductorului (Ω mm²/m);
G — greutatea conductorului (kg);
γ — greutatea specifică a conductorului (kg/dm³).

Pentru materialele izolante folosite se poate admite o temperatură momentană maximă de 200°C, ceeace — luând ca bază o tempratură ambiantă de + 20°C — corespunde cu o supratemperatură de + 180°C (vezi MNOSZ 1576). Presupunând că în acest timp variaţia rezistenţei materialului bobinei este uniformă rezistenţa specifică raportată la temperatura medie de

$$t_m = \frac{20 + 200}{2} = 110°\text{C}$$

este de

$$\rho_{110} = \rho_{20}[1 + \alpha(T - 20°\text{C})] \qquad (4)$$

Coeficienţii din ecuaţie au următoarele valori:

	Pentru cupru	Pentru aluminiu
Coeficientul de temperatură α 1/°C	0,0039	0,0038
Rezistenţa specifică la 20°C ρ_{20}	0,01754	0,02946
Rezistenţa specifică la 110°C ρ_{110}	0,0237	0,0395
Greutatea specifică γ kg/dm³	8,9	2,7

Inlocuind valorile de mai sus în ecuaţia (3):

$$Q_{Cu} = n^2 s^2 \frac{0{,}0237}{8{,}9} G_1 = 2{,}66\ n^2 s^2 G_1 10^{-3}\ \text{kWs} \qquad (5)$$

$$Q_{Al} = n^2 s^2 \frac{0{,}0395}{2{,}7} G_1 = 14{,}63\ n^2 s^2 G_1 10^{-3}\ \text{kWs} \qquad (5')$$

Pentru încălzirea bobinei cu temperatura de ΔT°C în timp de o secundă sunt necesare:

$$Q = c \cdot \Delta T \cdot G_1 \cdot 10^3\ \text{cal}$$

Intrucât

$$1 \text{ cal} = 4{,}18 \cdot 10^{-3} \text{ kWs}$$

deci

$$Q = 4{,}18\, c \cdot \Delta T \cdot G_1 \text{ kWs}$$

In cazul de față ΔT este egală cu 180°C, astfel că

$$Q = 753 \cdot c \cdot G_1 \text{ kWs}$$

Valorile căldurii specifice sunt :

pentru cupru c_{Cu}=0,093 cal/g°C=3,45Ws/cm³°C

pentru aluminiu c_{Al}=0,214 cal/g°C=2,4Ws/cm³°C

$$Q_{Cu} = 753 \cdot 0{,}093 \cdot G_1 = 70\, G_1 \text{ kWs} \qquad (6)$$

$$Q_{Al} = 753 \cdot 0{,}214 \cdot G_1 = 161\, G_1 \text{ kWs} \qquad (6')$$

Din egalitatea ecuațiilor (5) și (6) reiese pentru cupru :

$$2{,}66\, n^2 \cdot s^2 \cdot G_1 \cdot 10^{-3} = 70 \cdot G_1$$

$$n^2 s^2 = \frac{70}{2{,}66} \cdot 10^3 = 26{,}3 \cdot 10^3$$

$$n \cdot s = 163$$

iar pentru aluminiu

$$14{,}63\, n^2 \cdot s^2 \cdot G_1 \cdot 10^{-3} = 161\, G_1$$

$$n^2 s^2 = \frac{161}{14{,}63}\, 10^3 = 11 \cdot 10^3$$

$$n \cdot s = 105.$$

Aceste valori se pot obține și din ecuațiile diferențiale ale conductorilor omogeni cu secțiune de F cm² și de l cm lungime

$$cF\frac{\delta\vartheta}{\delta t} = \lambda F\frac{\delta^2\vartheta}{\delta x^2} - \alpha K(\vartheta - \vartheta_0) + [(ns)^2 \cdot \rho]F \qquad (7)$$

unde :

c este căldura specifică Ws/cm³ °C ;
ϑ — temperatura, în °C ;
t — timpul, în s ;
ϑ_0 — temperatura mediului ambiant, în °C ;
n este densitatea de curent A/cm² ;
λ — coeficientul transmisiei de căldură, W/cm°C ;
x — lungimea conductorului, cm ;
α — coeficientul de temperatură, 1/°C ;
ρ — rezistența specifică, Ω cm.

In cazul unei încălziri brusce, primii doi termeni din dreapta ai ecuației (7) devin zero, întrucât se presupune că temperatura nu variază cu lungimea conductorului și coeficientul de temperatură se ia egal cu 0. Presupunând că rezistența nu variază în funcție de temperatură, ecuația diferențială devine :

$$c\frac{\delta\vartheta}{\delta t} = (ns)^2\rho$$

și luând în considerare t = 1 secundă,

$$ns = \sqrt{\frac{c\Delta\vartheta}{\rho}} \text{ A/mm}^2$$

conform standardului MNOSZ 1576 $\Delta\vartheta$ = 180°C, astfel că în cazul cuprului

$$ns = \sqrt{\frac{180 \cdot 3{,}45}{0{,}01754}} \cong 180 \text{ A/mm}^2,$$

în cazul aluminiului :

$$ns = \sqrt{\frac{180 \cdot 2.4}{0{,}02940}} \cong 118 \text{ A/mm}^2.$$

Rezultatul obținut este în concordanță cu datele publicate în literatura tehnică respectivă și în standarde. Trebue menționat însă că în cazul unei încălziri puternice, nici rezistența specifică, nici căldura specifică nu sunt constante. După Avramescu, variația este egală cu :

$$\frac{\rho}{c} = \frac{\rho_0}{c_0}(1 + K_1\vartheta - K_2\vartheta^2) \qquad (8)$$

unde :

K_1 = 0,0042 pentru cupru
$K_2 = 1{,}01 \times 10^6$ pentru cupru
K_1 = 0,0035 pentru aluminiu
$K_2 = 1{,}5 \times 10^{-6}$ pentru aluminiu.

Dacă se înlocuesc aceste valori în ecuația (8) și se fac corecțiile respective se obține :

în cazul cuprului $(ns)' = 141$ A/mm²
în cazul aluminiului $(ns)' = 95$ A/mm².

Dar valorile deduse astfel arată o precauție exagerată. Valorile cele mai apropiate de realitate sunt :

pentru cupru $ns = 163$ A/mm²
pentru aluminiu $ns = 105$ A/mm².

Rezultatele obținute dau direct multiplul pentru curentul de limită și invers.

Dacă multiplul pentru curentul de limită este n = 100, atunci calculele se pot efectua cu următoarea valoare maximă a densității de curent

în cazul cuprului $s = 1{,}63$ A/mm²
în cazul aluminiului $s = 1{,}05$ A/mm².

De aci rezultă că în cazul bobinajului de aluminiu trebue adoptat pentru primar un conductor cu o secțiune cu aproximativ 55% mai mare decât în cazul bobinajului de cupru. Se renunță la cercetarea bobinajului secundar, întrucât în acesta saturația produsă de supracurent limitează curentul. Astfel, în bobinajul secundar va circula un curent cu mult mai mic decât ar rezulta din raportul de transformare.

Calcul : Intrucât rezultatele de mai sus sunt valabile pentru fiecare tip din seria de mai sus, este suficient că se cerceteze mai amănunțit un singur tip, de exemplu transformatorul de intensitate de tip ADP 100/5.

Figura 2 arată construcția transformatorului de intensitate. Numărul spirelor bobinajului primar în cele două înfășurări este W_1=7, W_2=8 pentru un raport de transformare 100/5, deci numărul amperspirelor este I_1W_1=700 ; I_1W_2= 800, adică numărul de amperspire medii I_1W_m= 750.

Secțiunea conductorului folosit

$$q_{ef} = 61 \text{ mm}^2$$

diametrul inclusiv izolația $d_{iz} = 10{,}5$ mm
Secțiunea inclusiv izolația $q_{iz} = 87$ mm²
deci densitatea de curent 1,63 A/mm².

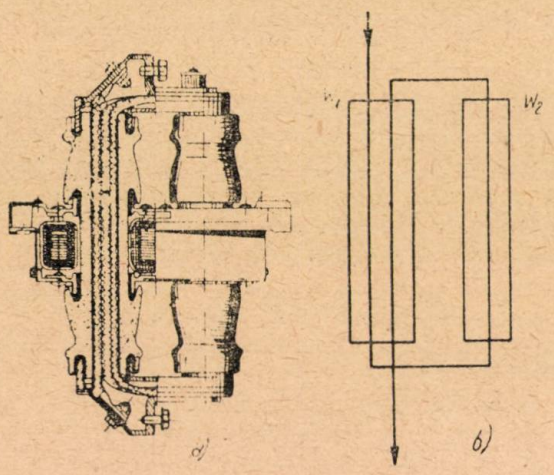


Fig. 2

Suprafața interioară utilă a izolatorului de trecere de porțelan folosit este

$$d_q = 39 \text{ mm},$$

adică

$$q_p = 1200 \text{ mm}^2.$$

Practica arată că în conductorul de mai sus pot fi introduse opt spire în această fereastră, deci coeficientul de umplere este

$$k = \frac{8 \times 87}{1200} \cong 0{,}58$$

Dacă se utilizează conductori de aluminiu în care densitatea de curent $s = 1{,}05 \cong 1{,}1$ A/mm², din conductorii standardizați ar fi cel mai indicat folosirea celui cu secțiunea $q_{ef} = 93$ mm² și diametrul inclusiv izolația de $d_{iz} = 14$ mm.

In acest caz, densitatea de curent este

$$s = \frac{100}{93} = 1{,}075 \text{ A/mm}^2.$$

In izolatorul care ne stă la dispoziție, luând în considerare factorul de umplere, pot fi așezate un număr de spire egal cu

$$W = \frac{q_p K}{q_{iz}} \quad \frac{1\,200 \times 0{,}58}{154} = 4{,}5 \cong 5 \text{ spire.}$$

Spira 6 mm mai poate fi introdusă.

In cazul bobinajului din aluminiu, reprezentând un coeficient pentru curent de limită termică $n = 100$ la transformatorul de intensitate în buclă de 100/5 A de mai sus se obține :

Numărul de spire $W_1 = 4$; $W_2 = 5$.

Numărul de amperspire $I_1 W_1 = 400$; $I_1 W_2 = 500$; $I_1 W_m = 450$.

Pentru compensarea reducerii cu aproape 40 % al numărului de amperspire există o singură metodă : mărirea miezului magnetic, întrucât trebue menținută aceeași clasă de precizie, capacitate și gabarit.

Spațiul disponibil din interiorul transformatorului este foarte mic ; cu reducerea amperspirelor însă, acțiunea miezului se mărește aproape expontațial în cazul când se dorește a se păstra aceeași putere și clasă de precizie și dacă se folosește aceași calitate de tablă de dinam Dacă tabla este de o calitate mai proastă decât cea cu care a fost proiectată seria și în plus mai este și neuniformă, aceasta atrage după sine încă o mărire a miezului. Această mărire considerabilă a dimensiunilor nu ar însemna numai o cantitate mai mare de tablă, conductori primari și secundari, etc., adică o scumpire a aparatului, dar ar necesita și un spațiu mai mare la locul de utilizare. Sarcina era deci de a realiza o legătură artificială care să facă posibilă compensarea reducerii masive de amperspire, fără modificarea caracteristicelor tehnice și a gabaritului. Această sarcină a fost rezolvată și sistemul de legătură adoptat a mai avut ca efect și obținerea unei erori continui mici, aproape liniară. Cu acest sistem de legătură și cu modlficarea aranjării miezului, se poate asigura menținerea gabaritului și caracteristicelor tehnice standardizate și la transformatori de intensitate bobinați cu aluminiu, la care numărul de amperspire este micșorat din motivele arătate mai sus.

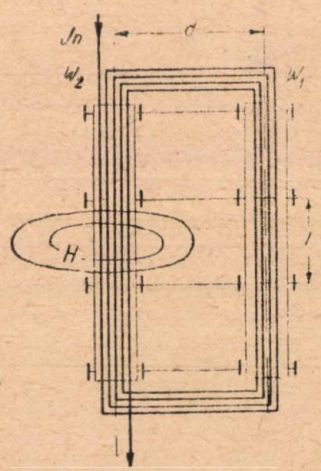


Fig. 3

II. **Rezistența dinamică.** Se va studia și se va compara rezistența dinamică a transformatorului de intensitate și a celui cu bobinaj de cupru având $I \cdot W_n = 750$ amperspire și a celui cu bobinaj de aluminiu având $I_1 W_n = 450$ amperspire.

Curentul de limită dinamică prevăzut este :

$$I_d = n_d \sqrt{2}\, I_n = 250 \sqrt{2}\, I_n \, A$$

unde n_d este multiplul pentru curentul de limită dinamică.

In caz de scurtcircuit, curentul de scurtcircuit trece prin transformatorul de intensitate și efectul său este multiplicat în conformitate cu numărul de spire. In calcul se va presupune că în unul din transformatorii de intensitate numărul de spire este W_1 iar în celălalt W_2 ; astfel numărul de amperspire este în caz de scurtcircuit

$$W_1 \, d = n_1 \sqrt{2}\, I_n.$$

Inlocuind se obține :

$$I_d \, W_1 = W_1 \, n_d \sqrt{2}\, I_n \text{ și } I_d \, W_2 = W_2 n_d \sqrt{2}\, I_n$$

Intensitatea câmpului H A/cm produs de $I_d W_1$ în conformitate cu datele din figura 3 este :

$$H = \frac{4\pi}{10} \frac{W_1 n_d \sqrt{2}\, I_n}{2d} = 0{,}2 \frac{W_1 n_d \sqrt{2}\, I_n}{d} \text{ gaus} \quad (9)$$

Forța care ia naștere datorită câmpului și amperspirelor este egală cu :

$$P = \frac{1}{9{,}81} H I W_2 l\, 10^{-6} \text{ kg} =$$

$$= \frac{1}{9{,}81} H W_2 n_d \sqrt{2}\, I_n l\, 10^{-6} \text{ kg} \quad (10)$$

Inlocuind valoarea lui H în formula (10) se obține :

$$P = \frac{0{,}2}{9{,}81} W_2 W_1 n_d^2 2 I_n^2 \frac{l}{d} 10^{-6} \text{ kg} =$$

$$= 2{,}04\ W_2 W_1\, 2 n_d^2 I_n^2 \frac{l}{d} 10^{-8} \text{ kg} =$$

$$= 4{,}08\ W_2 W_1 (n_d I_n)^2 \frac{l}{d} 10^{-8} \text{ kg} \quad (11)$$

In această formulă l (mm) este lungimea de prindere în jurul secțiunei cele mai slabe (critice) a izolatorului ; d (mm) este distanța între axele tuburilor de curent (izolatorilor de trecere).

Aceste dimensiuni la transformatori de intensitate cu bucle, standardizate conform notațiilor din figura 3 și 4 sunt de :

	Lungimea de fixare			
	a	b	c	d
ADP 10	130	200	130	150
ADP 20	190	200	190	210
ADP 30	275	230	274	210

Sarcinile dinamice trebue să fie preluate de către izolatori. Pe cele două capete (AD) ale izolatorului sunt lipite două armături distantoare, deci aceste puncte sunt întotdeauna fixe (de incastrare). In punctele B și C la construcția originală porțelanul a fost lipit de rama de bază, care servește pentru susținerea miezului de fier și a părții secundare. In acest caz și acest punct poate fi considerat ca fix. La construcțiile cele mai noi, în locul lipirii se folosește o fixare elastică cu garnituri de plută și șuruburi. In acest caz locul de prindere nu se poate considera ca punct fix, ci numai ca punct de reazim. Se vor efectua calculele pentru ambele cazuri.

Solicitările cele mai defavorabile apar în locurile cu punctele de reazim cele mai depărtate și cu secțiunile cele mai mici. adică la transformatori de intensitate cu bucle standardizați fără excepție pe porțiunea $b = BC$, cu toate că la seria de 30 kV ADP porțiunea a respectiv c este mai mare decât porțiunea b, dar și secțiunea acestora este, datorită nervurilor și întăriturilor, incomparabil mai mare.

Calcul : Conform raționamentului de mai sus, distanțele de fixare din ecuația (11) sunt egale cu

la ADP 10 și 20 $l = 200$ mm
la ADP 30 $l = 230$ mm

La o rezistență dinamică prescrisă de $n_d = 250$, forțele care iau naștere în transformatorul

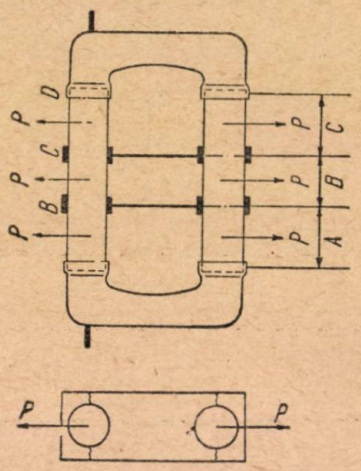


Fig. 4

de intensitate cu bucle cu un raport de transformare 100/5 A având bobinaj de aluminiu, studiat anterior, se calculează cu ajutorul ecuației (11) — pe baza datelor de mai jos :

Dacă $W_1 = 4$, $W_2 = 5$ $n_d = 250$, $I_n = 100$ A, $l = 200$, $d = 150$ mm, atunci :

1. La tipul ADP 10...20

$$P = 4{,}08\ W_2 W_1 (n_d I_n)^2 \frac{l}{d} \cdot 10^{-8} \text{ kg} =$$

$$= 4{,}08 \cdot 5 \cdot 4\, (250 \cdot 100)^2 \frac{200}{150} 10^{-8} \text{ kg} = 680 \text{ kg}$$

2. La tipul ADP 30

$$P = 4{,}08 \cdot 5 \cdot 4\, (250 \cdot 100)^2 \frac{230}{210} \cdot 10^{-8} = 560 \text{ kg}$$

In cazul tipului ADP 30, din cauza secțiunii interioare mai mari a porțelanului, în cazuri excepționale, se poate mări numărul amperspirelor, astfel ca numărul spirelor să fie

$$W_1 = 5,\ W_2 = 6,$$

Luând acest caz în considerare,

3. La tipul ADP 30 special

$$P = 4{,}08 \cdot 6 \cdot 5\, (250 \cdot 100)^2 \frac{230}{210} \cdot 10^{-8} = 840 \text{ kg.}$$

Forțele dinamice calculate mai sus acționează asupra izolatului de porțelan ca solicitare de încovoiere repartizată. Se vor studia solicitările specifice în cazul când izolatorul este fixat (incastrat), respectiv în cazul când este rezemat.

A. Dacă se studiază izolatorul de porțelan ca un *suport incastrat*, forțele îl supun la încovoiere. Valoarea solicitării specifice este

$$\sigma_i = \frac{P \cdot l}{12K} \text{ kg/cm}^2$$

unde :

P este sarcina repartizată, rezultată din solicitarea dinamică, în kg ;
l — lungimea încastrării, cm ;
K — momentul de inerție a secțiunii efective a izolatorului, cm³.

Secțiunea efectivă va fi :

$$K = \frac{(D^4 - d^4)\pi}{32D} \text{ cm}^3$$

unde

	D	d	K
ADP 10...20	6,9	4,2	28
ADP 30.	9,3	4,7	75

Solicitările specifice sunt :

în cazul ADP 10...20

$$\sigma_{i_1} = \frac{680 \cdot 20}{12 \cdot 28} = 40{,}5 \text{ kg/cm}^2$$

în cazul ADP 30

$$\sigma_{i_2} = \frac{560 \cdot 23}{12 \cdot 75} = 13{,}4 \text{ kg/cm}^2$$

în cazul ADP 30 special

$$\sigma_{i_3} = \frac{840 \cdot 23}{12 \cdot 75} = 22 \text{ kg/cm}^2.$$

B. In cele ce urmează se studiază izolatoru ca un *suport rezemat.*

In acest caz, solicitările specifice de încovoiere sunt egale cu :

$$\sigma_i = \frac{PL}{8K} \text{ kg/cm}^2$$

în cazul ADP 10...20

$$\sigma_{i_1} = \frac{680 \cdot 20}{8 \cdot 28} = 61 \text{ kg/cm}^2$$

în cazul ADP 30

$$\sigma_{i_2} = \frac{560 \cdot 23}{8 \cdot 75} = 21{,}5 \text{ kg/cm}^2$$

în cazul ADP 30 special

$$\sigma_{i_3} = \frac{840 \cdot 23}{8 \cdot 85} = 32{,}5 \text{ kg/cm}^2.$$

Solicitările de încovoiere admise pentru izolatori de porțelan sunt :

$$\sigma_{i\ ad} = 90...110 \text{ kg/cm}^2,$$

deci se vede că în toate cazurile valorile obținute sunt mai mici ca solicitarea admisă.

Luând ca bază valoarea solicitării specifice la încovoierea admisă, multiplicatorul pentru curentul de limită termică poate atinge următoarele valori maxime ;

T I P	Execuția cu izolatori lipiți (îneastrați)	Execuție cu fixare elastică (cu garnitură de plută)
ADP 10...20	375	306
ADP 30.	625	540
ADP 30 special	510	440

Pe baza celor de mai sus, s'a ajuns la concluzia că trecerea la un bobinaj în aluminiu, în cazul folosirii aceluiași izolator de trecere, influențează în primul rând curentul de limită termică.

Mărirea secțiunii conductorului necesită reducerea numărului de spire, micșorând astfel numărul de amperspire. Numărul mai mic de amperspire atrage după sine mărirea curentului de limită termică și totodată micșorarea puterii în cadrul aceleiași clase de precizie. Pentru compensarea acestora se recurge pe deoparte la mărirea miezului magnetic în cadrul limitelor posibile și pe de altă parte se folosesc scheme de legături artificiale. Prin folosirea schemelor artificiale, a devenit posibilă executarea transformatorilor de intensitate cu bobinaj de aluminiu, având aceleași caracteristice tehnice și gabarite ca și cei cu bobinaj de cupru, fără să fie necesară o tablă specială de dinam.

Din cauza spațiului restrâns arătat mai sus, curentul primar maxim la transformatorii de intensitate cu bobinaje de aluminiu poate fi cel mult 300 A în loc de 500 A cum era până acum.

Datorită noilor legături artificiale folosite, menținând dimensiunile și caracteristicele standardizate, a devenit posibilă fabricarea în țară a transformatorilor de intensitate bară de tip ARP pentru intensități nominale mai mari de 300 A. In cazul transformatorilor de intensitate tip bară trebue să se renunțe la posibilitatea de comutare a primarului. In cazul mai multor scări de măsură, este posibilă numai comutarea secundarului.

III. **Transformatori de intensitate tip bară.** In câteva cuvinte se va trata problema rezistenței termice a transformatorilor de intensitate bară indigeni, în cazul când se dorește să se obțină la construcțiile actuale un coeficient de multiplicare a curentului de limită termică $n = 100$. La tipurile date, cu un așa zis miez circular, respectând condițiile de izolație, în cazul folosirii izolatorilor de trecere din porțelan standardizați, se poate folosi o bară de trecere de 25 mm diametru. Acest conductor, în cazul aluminiului, poate fi încărcat cu o intensitate nominală de cel mult 600 A (în acest caz se poate admite o densitate de curent ceva mai mare, întrucât eventualele supraîncălziri nu pot distruge izolația).

Intre 600 A și 1 500 A pot fi folosiți izolatori de trecere din porțelan folosiți la transfor-

matorii de intensitate în buclă, trecerea făcându-se cu bară masivă de aluminiu de 40 mm diametru, cu legătură plată.

Dela 1 500...2 500 A se poate folosi pentru trecere bara de aluminiu de 56 mm diametru cu legătură plată. (Efectul pelicular la aluminiu se manifestă mai puțin accentuat, astfel că se pot folosi și bare cu asemenea dimensiuni).

Pentru intensități nominale peste 2 500 A, în cazul utilizării unor izolatori de trecere din porțelan standardizați, aluminiul nu mai poate fi întrebuințat. Dacă este suficientă o rezistență termică mai mică (aproximativ 50. I_n), prin folosirea a trei bare de aluminiu legate în paralel, se poate merge și până la 3 000 A.

Având în vedere că transformatorii de intensitate cu intensitate nominală peste 3 000 A sunt rari, folosirea transformatorilor de intensitate cu cupru, se poate considera în acest caz justificată.

Deci, prin folosirea schemelor de legături artificiale, a devenit posibilă, fără nicio altă modificare, folosirea aluminiului și la transformatori de intensitate bară, cu respectarea dimensiunilor standardizate.

Desigur, soluțiile de mai sus se aplică identic la toate tipurile din seriile de tensiuni de mai sus, indiferent de raportul de transformare.

IV. **Concluzii.** S'a văzut că la diferite tipuri de transformatori de intensitate se poate varia indiferent de celelalte caracteristice tehnice, curentul de limită termică, prin alegerea justă a coeficientului de multiplicare n pentru curentul de limită termică. Cifra poate fi oricând controlată, întrucât produsul dintre coeficientul de multiplicare n al curentului limită și dintre densitatea curentului s trebue să fie constant atât la bobinele de cupru cât și la cele cu aluminiu, astfel:

în cazul cuprului $n \cdot s = 163$ A
în cazul aluminiului $n \cdot s = 105$ A

Deci, dacă curentul nominal al primarului este $I_n = 100$ A și se folosește un conductor cu secțiune $q_{ef} = 61$ mm², atunci densitatea de curent fiind $s = \frac{I_n}{q_{ef}} = \frac{100}{61} = 1{,}63$ A/mm², coeficientul de multiplicare al curentului de limită termică este în cazul cuprului $= n\frac{163}{s} = \frac{163}{1{,}63} = 100$.

In cazul aluminiului, folosind aceeași secțiune de cablu:

$$n = \frac{105}{s} = \frac{105}{1{,}63} = 64{,}5.$$

Rezistența dinamică la transformatorii de intensitate bară se poate lua egală cu cea a barelor colectoare în locul de montaj. La transformatorii de intensitate în buclă este ușor controlabilă dacă se cunoaște numărul de amperspire, distanța dintre punctele de fixare ale izolatorilor, distanța dintre axele izolatorilor și tensiunea izolatorului, având în vedere însă că solicitarea de încovoiere nu poate fi mai mare de $\sigma_{i\ ad} = 90...100$ kg/cm².

★

ТЕРМИЧЕСКОЕ И ДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ТОКОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ, В ОСОБЕННОСТИ С АЛЮМИНИЕВЫМИ ОБМОТКАМИ

Резюме

Произведение между коэффициентом кратности предельного тока по нагреву n и плотностью тока s является определенной величиной и может изменятся независимо от всех других технических характеристик трансформатора с медными или алюминиевыми обмотками. Для алюминиевых обмоток необходимо уменьшение числа ампервитков. В статье дается решение и выводы этого вопроса.

OBSERVAŢII LA LUCRAREA: „REZISTENŢA TERMICĂ ŞI DINAMICĂ A TRANSFORMATORILOR DE INTENSITATE ŞI IN SPECIAL A CELOR CU BOBINAJE DE ALUMINIU“ de B. Török şi T. Csizy

Dr. Ing. A. AVRAMESCU

Urmărind cu interes publicaţiile tehnice din R. P. Ungară şi mai ales cele din revista „Electrotehnika“ organ al „Asociaţiei Electrotehnice Ungare“, care oglindesc preocupările tehnicienilor şi inginerilor din ţara vecină şi prietenă, preocupări, dacă nu identice, totuşi mult asemănătoare celor ale inginerilor noştri, am constatat totdeauna cu satisfacţie felul just, concret şi expeditiv de a pune, ataca şi rezolva problemele tehnice actuale. Lucrările se fac în colective mici de specialişti, care expun referatul lor unui colectiv mai mare, în care ele se discută critic şi autocritic. După prelucrarea modificărilor şi observaţiilor aduse, lucrarea se publică, ajungând în mâna tuturor celor interesaţi.

In numărul 4 (Aprilie) al revistei Elektrotehnika a apărut articolul de mai sus, care în parte intră în preocupările subsemnatului. Dat fiind că autorii citează o metodă de calcul a mea, pe care o interpretează într'un fel, cu care nu sunt întru totul de acord, şi pentru a atrage atenţia asupra unor greşeli de calcul, dealtfel neesenţiale pentru fondul lucrării, îmi permit a face în cele ce urmează câteva observaţii, cu scopul de a clarifica nedumeririle ce pot să apară la efectuarea unor calcule similare.

Autorii îşi propun să calculeze ceeace se cheamă stabilitatea termică şi dinamică a transformatorilor de intensitate în general, şi mai ales a celor cu înfăşurări de aluminiu. Pentru aceasta exprimă în ecuaţiile (2), (5) şi (5′) debitul termic al surselor de căldură în conductorii care formează înfăşurarea, pe de altă parte în ecuaţiile (6) şi (6′) căldura înmagazinată în unitatea de timp de către conductor. Din egalarea acestor două valori, prin urmare neglijând căderea de căldură către mediul ambiant (izolaţii, aer, ulei,etc.), se obţine densitatea de curent admisibilă în conductori de cupru şi aluminiu, în ipoteza că temepartura iniţială este de 20°C şi cea maximă admisă în caz de scurtcircuit (durata 1 s) de 200°C. A rezultat pentru cupru 163 A/mm² pentru alumiciu 105 A/mm².

In acest calcul s'a ţinut seama de variaţia cu temperatura a rezistivităţii electrice, dar nu de cea a căldurii specifice.

Influenţa variaţiei rezistivităţii electrice s'a evidenţiat prin calculul numeric al densităţii de curent j din relaţia:

$$c\frac{\partial \vartheta}{\partial t} = j^2 \rho = (ns)^2 \rho$$

(scrisă cu o greşeală de tipar în original), adică

$$ns = j = \sqrt{\frac{c\Delta\vartheta}{\rho}}$$

în care căldura specifică c se referă la un centimetru cub de volum. Introducând valorile numerice pe care le-au ales şi $\Delta\vartheta = 180°C$ autorii fac două greşeli de calcul (sau de tipar) obţinând pentru:

$$\text{cupru } ns = \sqrt{\frac{180.\ 3.45}{0{,}01754}} \cong 180 \text{ A/mm}^2$$

$$\text{aluminiu } ns = \sqrt{\frac{180.\ 2{,}4}{0{,}02946}} \cong 118 \text{ A/mm}^2,$$

deoarece valorile corecte sunt respectiv 188 şi 104, după cum se poate uşor controla cu rigla.

Se remarcă apoi că aceste valori corespund în general cu cele publicate în literatura de specialitate, ceeace este just pentru cupru, mai puţin pentru aluminiu, cifrele publicate fiind în general mai reduse.

Pentru a ilustra influenţa căldurii specifice se citează o formulă indicată de subsemnatul fără a se preciza sursa bibliografică şi anume:

$$\frac{\rho}{c} = \frac{\rho_0}{c_0}(1 + K_1\vartheta - K_2\vartheta^2) \qquad (8)$$

dându-se următoarele valori ale constantelor

pentru cupru $K_1 = 0{,}0042$
$K_2 = 1{,}01 \cdot 10^{-6}$
pentru aluminiu $K_1 = 0{,}0035$
$K_2 = 1{,}5 \cdot 10^{-6}$,

şi se afirmă că introducând aceste valori în ecuaţia (8) şi apoi în cele pentru densitatea limită, rezultă:

pentru cupru $(ns)' = 141$ A/mm²
pentru aluminiu $(ns)' = 95$ A/mm²

deci valori prea mici, care presupun o „precauţie exagerată“.

Faţă de cele afirmate precizez imediat următoarele:

1. Valorile constantelor nu sunt cele indicate de mine.

2. Calculând chiar cu aceste valori ale constantelor, rezultatul nu este acel dat de autori, ci unul foarte apropiat de cifrele adoptate de ei până la urmă.

3. Calculând cu valorile just alese ale parametrilor şi cu constantele publicate de subsemnatul se obţin rezultate precise şi juste, dea-

semeni apropiate de cele adoptate de autori.

In cele ce urmează voi aduce dovezi pentru aceste afirmații:

1. Valorile publicate de subsemnatul, ca rezultat al unor încercări experimentale cu conductori normali din cupru și aluminiu electrolitic trefilat în sârmă, având secțiuni nominale de 1...6 mm² sunt următoarele:

a) Variația cu temperatura a rezistivității electrice publicată în Z. Techn. Phys. Vol. 20 (1939). nr. 1 pag. 26—30, și în Elektrotechn. Z. Vol. 60 (1939) Nr. 36, pag. 1084:

$$\text{Cupru} \quad \frac{\rho}{\rho_0} = 1 + 0{,}4241 \cdot 10^{-2}\vartheta + 0{,}453 \cdot 10^{-6}\vartheta^2$$

$$\text{Aluminiu} \quad \frac{\rho}{\rho_0} = 1 + 0{,}3867 \cdot 10^{-2}\vartheta + 1{,}10 \cdot 10^{-6}\vartheta^2$$

b) Variația cu temperatura a căldurii specifice totale publicată în Z. Techn. Phys. Vol. 20 (1939) Nr. 7 pag. 213—217.

$$\text{Cupru} \quad \frac{c}{c_0} = 1 + 3{,}350 \cdot 10^{-4}\vartheta + 2{,}96 \cdot 10^{-8}\vartheta^2$$

$$\text{Aluminiu} \quad \frac{c}{c_0} = 1 + 3{,}801 \cdot 10^{-4}\vartheta + 5{,}0 \cdot 10^{-8}\vartheta^2$$

c) Variația cu temperatura a mărimii $\rho/\gamma c$ unde γ însemnează densitatea, care corespunde tocmai expresiei (8), publicată în Electrotechn. Z. Vol. 59 (1938) Nr. 37 pag. 985—989, pentru cupru:

$$\frac{\rho}{\gamma c} = \left(\frac{\rho}{\gamma c}\right)_0 (1 + 0{,}385 \cdot 10^{-2}\vartheta - 0{,}75 \cdot 10^{-6}\vartheta^2)$$

$$\text{aluminiu} \quad \frac{\rho}{\gamma c} = \left(\frac{\rho}{\gamma c}\right)_0 (1 + 0{,}349 \cdot 10^{-2}\vartheta - 0{,}47 \cdot 10^{-6}\vartheta^2)$$

Prin comparație cu expresia (8) se poate ușor constata că valorile K_1 pentru cupru și K_2 pentru aluminiu prezintă abateri mai mari dela cifrele publicate de subsemnatul.

2. Calculând cu constantele K_1 și K_2 indicate de autori, parantezele care dau factorii de temperatură a mărimii $\rho/\gamma c$ (sau ρ/c după notația autorilor), rezultă pentru temperatura medie de 110°C următoarele valori:

$$\text{cupru} : (1 + 0{,}4618 - 0{,}0122) = 1{,}449 \cong 1{,}450$$

$$\text{aluminiu} : (1 + 0{,}3850 - 0{,}0182) = 1{,}3668 \cong 1{,}367.$$

Ori cu aceste valori și celelalte adoptate de autori densitatea limită este pentru

$$\text{cupru} \quad (ns)' = \sqrt{\frac{180 \cdot 3{,}45}{0{,}01754 \cdot 1{,}45}} = 156{,}2 \text{ A/mm}^2$$

$$\text{aluminiu} \quad (ns)' = \sqrt{\frac{180 \cdot 2{,}4}{0{,}02946 \cdot 1{,}367}} = 103{,}6 \text{ A/mm}^2,$$

deci valori mult mai apropiate de cele adoptate de autori și anume 163 respectiv 105.

Se poate că autorii au făcut greșeala de a calcula nu cu temperatura medie în intervalul de încălzire 20...200°C, ci au diferența de temperatură $\Delta\vartheta = 180$°C. Pentru această temperatură factorii au valorile 1,725 și 1,581, iar densitățile devin de 1,312 și 1,257 ori mai mici. Deci în loc de 188 și 103,6 A/mm² rezultă 143,5 și 82,5 valori apropiate de cele indicate de autori: 141 și 95 A/mm².

In orice caz calculul este greșit și valorile care rezultă din formula (8) cu coeficienții indicați de autori sunt 156,2 respectiv 103,6 A/mm².

3. Cunoscând variația parametrilor cu temperatura rezultatul depinde de alegerea justă a valorilor acestor parametri la temperatura de referință, care pentru formulele date este 0°C. Ori tabelele curente dau valorile parametrilor de material deobicei pentru 20 sau 18°C. Mai intervine că acești parametri trebue să corespundă într'adevăr materialului întrebuințat și valorile luate din tabele se pot considera numai ca indicații generale. De exemplu: rezistivitatea conductorilor cu secțiuni sub 1 mm² este mărită din cauza influenței prelucrării la rece.

După un studiu mai detailat al datelor publicate de diferiți cercetători, am ajuns la concluzia că pentru conductori cu secțiuni ce întrec 2,5 mm² din material electrolitic de calitate bună este indicat a se calcula cu următoarele valori:

$$\text{Cupru} \quad \rho_0 = 1/61{,}8, \; c_0 = 0{,}019 \; (\gamma c)_0 = 3{,}422$$

$$\text{Aluminiu} \quad \rho_0 = 1/37{,}5, \; c_0 = 0{,}2048 \; (\gamma c_0) = 2{,}330$$

c_0 fiind exprimat în cal/g°C, iar $(\gamma c)_0$ în J cm³ °C.

Atunci factorii de temperatură a expresiei $\rho/\gamma c$ sunt la temperatura medie de 110°C

pentru cupru $(1 + 0{,}4234 - 0{,}0091) = 1{,}414$

pentru aluminiu $(1 + 0{,}3338 - 0{,}0057) = 1{,}328$

Formulele devin în acest caz pentru

$$\text{cupru} \quad ns = \sqrt{\frac{3{,}422 \cdot 180}{0{,}01625 \cdot 1{,}414}} = 164 \text{ A/mm}^2$$

$$\text{aluminiu} \quad ns = \sqrt{\frac{2{,}330 \; 180}{0{,}0258 \cdot 1{,}308}} = 110{,}6 \text{ A/mm}^2$$

Valori mai exacte se pot obține din curbele de încălzire fără cedare de căldură, calculate de subsemnatul și publicate în lucrarea citată în ETZ 59 (1938) 37,985.

		cupru	aluminium	
la 200°C	i^2t	= 30 550	13 500	A^2s/mm^4
la 20°C	i^2t	= 4 200	1 600	A^2s/mm^4
Diferența		26 350	11 900	A^2s/mm^2

Dat fiind că $t = 1$ s, trăgând rădăcina pătrată rezultă:

$$j_{eu} = 163{,}2 \text{ A/mm}^2 \quad j_{Al} = 109 \text{ A/mm}^2.$$

Acestea sunt valorile cele mai sigure, cred, pe care le putem deduce. Cele alese de autori sunt foarte apropiate de ele.

Influența oxidației, a cedării de căldură și a modificărilor structurale la scurtcircuite este

studiată într'o lucrare mai amplă care se va publica în revista „Studii şi Cercetări Energetice" editată de Academia R.P.R.

Alte observaţii : *a*) în ecuaţia (7) nu se dă nicio explicaţie asupra mărimei K, dar α se defineşte ca fiind un coeficient de temperatură în 1/°C, care se poate anula la încălziri rapide.

De fapt termenul al doilea din dreapta reprezintă debitul de căldură cedat lateral prin suprafaţa exterioară a conductorului cilindric, datorit fenomenului de convecţie şi radiaţie. In acest sens α reprezintă coeficientul de transmisia căldurii exprimat deobicei în W/cm^2 °C, iar K ar fi în acest caz perimetrul (pe ungureşte kerület). In orice caz nu trebue să se confunde acest coeficient α cu coeficientul de temperatură α a rezistivităţii din ecuaţia (4) care se exprimă într'adevăr în 1/°C.

b) La fixarea valorilor numerice ale căldurii specifice a cuprului şi aluminiului în ecuaţiile (6) şi (6') nu se specifică pentru ce temperatură se înţeleg acele valori. De fapt valoarea 0,093 cal/g°C pentru Cu este valabilă la o temperatură de circa 50°C iar 0,214 cal/g°C pentru aluminiu la circa 30°C.

DIN ACTIVITATEA ASIT

CONSFĂTUIREA PE ŢARĂ CU TEMA: COROZIUNEA REŢELELOR SUBTERANE

In zilele de 14 şi 15 Noembrie 1953, s'au desfăşurat în capitală lucrările consfătuirii pe ţară privind coroziunea reţelelor subterane, organizată de Secţia „Electricitate" de pe lângă Consiliul Central A.S.I.T.

Desbaterea acestei probleme a prilejuit o informare corectă şi cât mai complect posibilă a inginerilor şi tehnicienilor interesaţi să cunoască metodele, întrebuinţate şi rezultatele obţinute până acum în protecţia reţelelor subterane împotriva coroziunii electrolitice, precum şi ceeace este posibil să se facă în viitor în această problemă.

Consfătuirea a pus în lumină importanţa tehnico-economică deosebită a acestei probleme şi a pus bazele unei colaborări între toţi factorii chemaţi să contribue la rezolvarea cazurilor existente, precum şi a celor care vor apare în viitor. Referatele care au format baza consfătuirii au tratat problema coroziunii electrolitice a reţelelor subterane şi principiile protecţiei lor, efectele constatate, măsurile luate în reţelele afectate, precum şi măsurile luate şi lipsurile observate în reţele principale de tramvaie.

Tov. Conf. G. Moisil a expus teoria coroziunii prin curenţi de dispersie. A arătat metode de calcul a potenţialului pe suprafeţele de separaţie, metode ce nu pot fi însă uşor folosite practic, din cauza formei lor care devine foarte complicată în cazurile reale.

Intr'o serie de cazuri simplificate, aceste metode pot determina importanţa relativă a diferiţilor parametri. Pe un caz simplificat s'au arătat concluziile aplicării metodei de calcul, rezultatele calculelor pe cazuri simplificate servind mai mult la filtrarea modului celui mai just de protecţie. S'au interpretat diagrame de variaţie a densităţii de curent în funcţie de raportul dintre rezistenţa liniară a cablului purtător sau nu de surse şi rezistivitatea solului, în funcţie de distanţa dintre un cablu corodat şi cablul ce conţine surse de curent, etc.

O altă diagramă arată că suprafaţa zonei pe care se efectuează schimbul de curent se măreşte odată cu creşterea rezistivităţii solului. Vorbind apoi despre importanţa măsurilor pe teren, tov. conf. C. Moisil a expus şi o metodă originală de determinare prin măsurători a coeficienţilor de repartiţie. In continuare, în acest prim referat, s'au explicat cele 3 metode importante de protecţie împotriva coroziunii prin curenţi de dispersie, combinarea diferitelor metode, precum şi nevoia colaborării între administraţiile interesate.

Referatele care au urmat au arătat situaţia în reţeaua de gaze naturale Bucureşti, în reţelele telefonice din diferite oraşe şi în reţeaua de cablu de forţă din Bucureşti. S'a constatat că Intreprinderea de Distribuţie a Gazelor din Bucureşti şi Direcţia Telefon Urban din M.P.T. au dat multă atenţie protecţiei reţelelor lor împotriva coroziunii electrolitice, s'au organizat în acest sens şi au obţinut rezultate însemnate. Comunicarea experienţei lor foloseşte celor ce se preocupă sau se vor preocupa de buna întreţinere a reţelelor subterane.

Referatul privind situaţia în reţeaua de cablu de forţă din Bucureşti a arătat interesul purtat de Intreprinderea ce exploatează această reţea faţă de protecţia împotriva coroziunii interes care însă nu s'a manifestat continuu în decursul timpului. Referatele întreprinderilor care exploatează reţele de tramvaie din Bucureşti şi Timişoara. au arătat preocuparea susţinută a acestora pentru diminuarea curenţilor de întoarcere.

Un ultim referat privind problemele protecţiei reţelelor subterane împotriva coroziunii prin curenţii dispersaţi dela căile ferate electrificate, a supus discuţiei măsurile necesare în cazul în care electrificarea feroviară se va face în curent continuu.

Referatul privind reţelele telefonice a scos la iveală lipsa de preocupare a câtorva întreprinderi de tracţiune şi distribuitoare de energie în curent continuu din câteva oraşe ale ţării. Discuţiile ce au avut loc au arătat necesitatea unui control organizat al reţelelor subterane, precum şi menţinerea reţelelor şi instalaţiunilor de tracţiune electrică în limitele prescrise de standardele de Stat. Intreprinderile care exploatează reţelele perturbatoare ca şi cele ce exploatează reţelele perturbate, trebue să aplice toate metodele de protecţie şi în special mărirea numărului de substaţii de alimentare şi a cablurilor de întoarcere pentru unele — şi protecţia catodică şi prin învelişuri izolante, pentru celelalte. A reieşit deasemenea, nevoia construirii în ţară a aparatajului de protecţie electrică, precum şi studierea problemelor privind îmbunătăţirea calităţii învelişurilor izolante ale cablurilor şi canalizaţiilor subterane, determinarea agresivităţii şi conductivităţii solului pe întreg teritoriul ţării şi studiul privind teoria dispersiei curentului în sol şi noi măsuri de protecţie, cum ar fi spre exemplu, pasivizarea conductelor.

Lucrările consfătuirii au stabilit necesitatea înfiinţării pe lângă Sfaturile Populare ale oraselor care au tracţiune electrică sau alimentare cu energie în curent continuu, a unor comisii formate din delegaţi ai întreprinderilor interesate. Aceste comisii ar coordona controlul, măsurile pe teren şi protecţia tuturor reţelelor din oraşul respectiv.

Prin rezoluţia adoptată, consfătuirea recomandă înfiinţarea acestor comisii.

Filialele A.S.I.T. din oraşele în care se ridică problema coroziunii electrolitice a reţelelor subterane trebue să sprijine aplicarea rezoluţiei acestei consfătuiri. Ele trebue să îndrume şi să sprijine Cercurile A.S.I.T. din întreprinderile interesate. In studierea şi rezolvarea problemelor de protecţie şi să colaboreze cu Sfaturile Populare la înfiinţarea şi buna funcţionare a comisiilor de coordonare amintite mai sus.

Secţia „Electricitate" de pe lângă Consiliul Central A.S.I.T. va urmări realizarea hotărîrilor consfătuirii şi va participa activ la rezolvarea cât mai deplină a problemei protecţiei reţelelor subterane.

Ing. *Gh. Oanţă*

TABLA DE MATERII A REVISTEI ELECTROTEHNICA PE ANUL 1953

Antoniu I. S. şi *Dragu Gh.*: Determinarea caracteristicelor tensiunilor de şoc cu ajutorul clidonografului, (**9**).
Arié C.: Metodă rapidă şi economică de proiectare a transformatorilor de puteri mici, (**7**).
Avramescu A.: Posibilităţile calculului de dimensionare termică a siguranţelor fuzibile, (**6**).
Avramescu A.: Calculul încălzirii staţionare a contactelor electrice, (**9**).
Avramescu A.: Recenzia lucrării „Punerea la pământ a conductelor de protecţie prin distanţe disruptive" de Dolghinov A. I. Smirnov I. G. şi Iurencov V. D., (**9**).
Avramescu A.: Observaţii la articolul „Rezistenţa termieă şi dinamică a transformatorilor de intensitate şi în special a celor cu bobinaje de aluminiu de Török B. şi Csizy T., (**12**).

Bainglass S.: Modelarea electrică a fenomenelor fizice, (**10**)
Balasz M. şi *Rădulescu N.*: Conturul oscilatoriu pentru experimentarea întrerupătorilor de înaltă tensiune şi mare putere, (**8**).
Barschi S. Z.: Magnetizarea longitudinală şi transversală şi manifestarea ei în maşinile electrice, (**1—2**).
Bâhovschi I. L. ş. a.: Telecomunicaţii telefonice de înaltă frecvenţă pe linii de transport de energie electrică, (**5**).
Bădică I. şi *Gheorghiu C.*: Fabricarea plasticurilor de cauciuc folosite la izolarea conductorilor şi cablurilor electrice, (5).
Berladschi M.: Recenzia lucrării „Bazele Electrotehnicei" de Crug C.A., (**3—4**).
Berman A.: Despre aluminarea prin evaporare în vid pe scară industrială, (**1—2**).
Berman A.: Tehnica uscării industriale prin radiaţii infraroşii, (**11**).
Bobrovscaia I. C. ş. a.: Telecomunicaţii telefonice de înaltă frecvenţă pe linii de transport de energie electrică, (**5**).
Brenner G.: Intreruptor automat trifazic cu protecţie contra supraintensităţii şi cu dispozitiv de reconectare automată repetată a motoarelor în scurtcircuit în cazul întreruperilor de alimentare. Inovaţia tehnicianului Repeţeanu Alex., (**7**).
Budeanu C.: Condensatori industriali pentru îmbunătăţirea factorului de putere, (**6**).
Bunea V.: Maşini electrice cu intrefier neuniform, (**5**).
Bunea V.: Contribuţia industriei electrotehnice la ameliorarea factorului de putere în instalaţii şi reţele, (**10**).

Cedighian S.: Magneţi permanenţi, (**10**).
Ciofu V.: Expoziţia „Economia planificată a R.P.R. în plin progres", (**1—2**).
Clebanov B. S. ş. a.: Telecomunicaţii telefonice de înaltă frecvenţă pe liniile de transport de energie electrică, (**5**).
Columbeanu P.: Recalcularea motoarelor electrice cu curent alternativ cu rotorul în scurtcircuit, (**1—2**).
Constantinescu I.: Preciziuni cu privire la vectorul Umov-Ponting, (**3—4**).
Corlăţeanu V. şi *Şerban Gh.*: Funcţionarea mutatorilor cu vapori de mercur în paralel cu generatori de curent continuu, (**7**).
Cosmin Gh.: Consideraţiuni asupra construcţiei aparatajului antigrizutos, (**7**).
Cruceru C.: Metode de încercare ale conductorilor electrici emailaţi, (**1—2**).
Csizy T. şi *Török B.*: Rezistenţa termică şi dinamică a transformatorilor de intensitate şi în special a celor cu bobinaje de aluminiu, (**12**).

Demilano P.: Calculul hertzian, (**12**).
Dimo P.: Calculul reţelelor electrice pe modele. Posibilităţile meselor de calcul de curent continuu, (**5**).
Dobrev I. şi *Ivaşcu V.*: Arderea porţelanului electrotehnic şi concepţii noi în construcţia cuptoarelor rotunde care funcţionează cu gaz metan, (**11**).
Dordea T.: Studiul şi Calculul redresorilor vibratori comandaţi electromagnetic, (**12**).
Dragu Gh. şi *Antoniu I. S.*: Determinarea caracteristicelor tensiunilor de şoc cu ajutorul clidonografului, (**9**).

Egorov C. P. ş. a.: Telecomunicaţii telefonice de înaltă frecvenţă pe linii de transport de energie electrică, (**5**).
Eigeles S.: Procedee moderne de reglarea turaţiei la motoarele electrice, (**11**).
Electricestvo 1/1953: Terminologia în electrotehnică, (**3—4**).
E. S.: Recenzia lucrării „Motoarele electrice şi exploatarea lor" de Rivlin N. B., (**5**).

Ferester C.: Consfătuirea pe ţară cu tema: „Imbunătăţirea factorului de putere", (**10**).
Eransua A.: Despre cartea lui Sâromiatnicov I. A., „Regimuri de funcţionare ale generatorilor sincroni, (**8**).

Gheorghiu C şi *Bădică I.*: Fabricarea plasticurilor de cauciuc folosiţi la izolarea conductorilor şi cablurilor electrice, (**5**).
Gheorghiu I. S.: Din activitatea Institutului de Energetică, (**9**).
Gheorghiu I. S.: Problema forţelor axiale la transformatori electrici de forţă, (**9**).
Grosu St.: Principii constructive şi de calcul în legătură cu proiectarea unei serii de transformatori, (**3—4**).
Grumăzescu N. şi *Ionescu A.*: Priza de pământ în instalaţiile de audiofrecvenţă, (**3—4**).

Haqué W.: O riglă de calcul pentru consumuri specifice, (**12**).
Herşcovici B.: Calculul vitezei de excitaţie a excitatricei, (**3—4**).
Hoppe B.: Intrarea peste ocupat la centrala telefonică tip Tesla USH/60 V, (**3—4**).
Hoppe E.: Contribuţii la geometria bobinelor cilindrice, (**6**).
Hoppe E.: Nomograma pentru calculul bobinelor cilindrice, (**7**).

Ionescu A. şi *Grumăzescu N.*: Priza de pământ în instalaţiile de audiofrecvenţă, (**3—4**).
Ivaşcu V. şi *Dobrev I.*: Arderea porţelanului electrotehnic şi concepţii noi în construcţia cuptoarelor rotunde care funcţionează cu gaz metan, (**11**).

Kollar L.: Rezonatori cu cuarţ pentru unde sonore, (**3—4**).

Lăzăroiu F. D.: Fabricarea colectorilor maşinilor de curent continuu, (**1—2**).
Lovit G. O. şi *Zalesschi A. M.*: Douăzeci de ani de activitate a Asociaţiei Unionale a Inginerilor şi Tehnicienilor din Industria Electrotehnică, (**6**).

Malencov G. M.: Cuvântare rostită la funeraliile lui I. V. Stalin, (**3—4**).
Molotov V. M.: Cuvântare rostită la funeraliile lui I. V. Stalin, (**3—4**).
Manole O.: Asupra unei clase de maşini de echilibrat dinamic, (**1—2**).
Manciu T.: Inele amortizoare prin curenţi Foucault la motoarele de curent continuu, (**1—2**).
Marc D.: Observaţii la articolul „Descărcători tubulari" de Popa A., (**7**).
Marc D.: Modele pentru studiul fenomenelor electrice, (**8**).
Marcu S.: Aparatajul de telemăsură sovietic cu acţiune la distanţe mici, (**10**).
Marinescu M.: Cercetări de domeniul maşinilor electrice cu inductanţa variabilă, (**9**).
Mastero S.: Introducere în studiul experimental al rezistenţelor de contact, (**9**).

Măgură G.: Motoare electrice în fabricile de ciment, (1—2).
Medvedev V. S. ş. a.: Telecomunicaţii telefonice de înaltă frecvenţă pe linii de transport de energie electrică, (5).
Miacocina N. G. ş. a.: Telecomunicaţii telefonice de înaltă frecvenţă pe linii de transport de energie electrică, (5).
Moraru A.: Amplificatorul rotativ de curent continuu — amplidina, (9).

Nicolau Edm.: Circuite de măsură în dublu T, (5).
Nicolau Edm.: Recenzia lucrării „Măsuri pe liniile de comunicaţie la mare distanţă" de Puhalschi A. C., (8).
Nicolau Edm.: Recenzia lucrării „Propagarea undelor radio" de Chessenih V. N., (8).
Nicolau Edm.: Paraziţii radiofonici produşi de instalaţiile electrice şi combaterea lor, (11).
Niculescu D.: Prietenia româno-sovietică, chezăşia viitorului luminos al poporului nostru, (10).
Nistor M.: Noi metode de determinare a gradului de umiditate din izolaţia maşinilor electrice şi transformatorilor, (6).

Parleni Antoni C.: Consideraţii asupra problemei supratensiunilor la transformatori, (11).
Păun M.: Pentru modernizarea industriei de elemente şi baterii galvanice din R.P.R., (3—4).
Popa A.: Descărcători tubulari, (1—2).
Popov M.: Rezolvarea simplă a reţelelor electrice printr'o nouă metodă, (7).
Popov M.: Aplicarea principiului dualităţii la metoda de rezolvare a reţelelor electrice, (12).

Rădulescu N. şi *Balasz M.*: Conturul oscilatoriu pentru experimentarea întreruptorilor de înaltă tensiune şi mare putere, (8).

„Scânteia" Nr. 2672: Pentru îmbunătăţirea calităţii produselor industriei electrotehnice, (6).
Semlyen A.: Compensarea curentului de magnetizare la relee de curent de mare, sensibilitate, (1—2).
Stoicescu Gh.: Electrosecuritatea în exploatarea condensatorilor statici, (3—4).
Stoleru B.: Elemente de calcul în automatizare, (8).

Şerban Gh. şi *Corlăţeanu V.*: Funcţionarea mutatorilor cu vapori de mercur în paralel cu generatori de curent continuu, (7).
Şora C.: Determinarea experimentală a inductanţelor de scăpări folosind o metodă în opoziţie, (6).

Tănăsescu T.: Observaţii cu privire la articolul „Preciziuni cu privire la vectorul Umov-Poynting" de Constantinescu I., (3—4).
Tănăsescu T.: Aspectul fizic al puterii reactive. (10).
Török B. şi *Csizy T.*: Rezistenţa termică şi dinamică a transformatorilor de intensitate şi în special a celor cu bobinaje de aluminiu, (12).
Trăuşanu D. C.: Tăierea anodo-mecanică a metalelor, (1—2).

Ţugulea A.: Consideraţii asupra calculului circuitelor magnetice cu fier, (8).

Ungureanu C.: Recenziile lucrărilor: „Electricitatea statică în industrie" de Drozdov N. G. şi „Problemele ameliorării factorului de putere în întreprinderile industriale" de Litvac I. V., (1—2).

Vonica I.: Transformatori de energie în montaje de condensatori electrici, (3—4).

Weissman I.: Sisteme de rotaţie sincronă cu maşini asincrone, (8).

Zalcschi A. M. şi *Lovil G. O.*: Douăzeci de ani de activitate a Asociaţiei Unionale a Inginerilor şi Tehnicienior din Industria Electrotehnică, (6).
Zeiger S.: Pentru continua ridicare de cadre tinere specializate în electrotehnică, (8).
Z. H.: Recenzia lucrării „Partea electrică a instalaţiilor de iluminat" de Liabov N. S., (5).

Articole redacţionale

Cuvânt înainte, (1—2).
1 Mai 1953, (5).
23 August (8).
A VI-a aniversare a proclamării Republicii Populare Române.
Muncă rodnică la Cercul A. S. I. T „Electro-ablu". (1—2)
Planul de muncă al Secţiei Electricitate şi Electrocomunicaţii, (3—4).
Prezentarea lucrării „Materiale electroceramice", Biblioteca Analele Româno-Sovietice. (8).
Prezentarea lucrării „Probleme noi privind calculul şi construcţia maşinilor electrice", Biblioteca Analelor Româno-Sovietice, (8).

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție, precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească în general 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, pe ambele exemplare. In mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografii; numărul lor să fie numai cel strict necesar înțelegerii textului.
Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9 × 12 cm.
Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, care să cuprindă neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și foarte citeț. Indicii să fie scriși mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeț, numele și pronumele complet, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie, precum și domiciliul și circumscripția financiară pentru a li se putea remite drepturile de autor.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolelor și a desenelor se face după apariție potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POȘTALE DELA ORAȘE ȘI SATE, PRIN FACTORI POȘTALI, PRIN PROPAGANDIȘTI, PRECUM ȘI LA SECȚIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

Tarif pentru întreprinderi — *LEI 96 anual*

Tarif pentru muncitori, tehnicieni, ingineri — *LEI 30 anual*

Apărut
AGENDA
ELECTRICIANULUI

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT
EDITURA ENERGETICĂ DE STAT